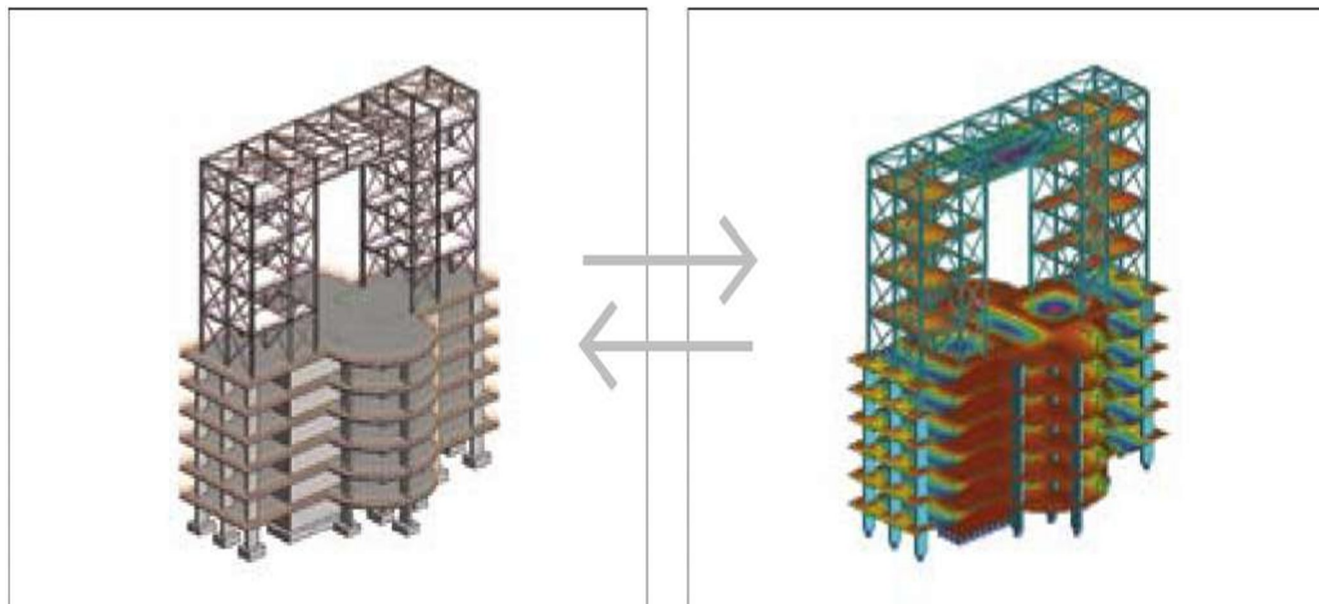


# Учебное пособие по программе Autodesk® Robot™ Structural Analysis Professional Базовый курс

Яшанов А.П.



Издание ООО «ПСС»  
Санкт-Петербург  
2010



191040, г.Санкт-Петербург,  
Лиговский пр., 56 литер Г  
(812) 622-10-14, 764-38-68  
cad@pss.spb.ru www.pss.spb.ru

ПСС Новосибирск  
ПСС Юг (Краснодар)  
ПСС Тула



(383) 308-15-77  
(861) 259-51-68  
(4872) 25-21-19

nsk@pss.spb.ru  
ug@pss.spb.ru  
tula@pss.spb.ru

→ Общество с ограниченной ответственностью «Петростройсистема»

## **Учебное пособие по программе Autodesk® Robot™ Structural Analysis Professional. Базовый курс / Яшанов А.П. – Санкт-Петербург, ООО «ПСС», 2010. – 100 стр.**

Данное учебное пособие предназначено для начинающих, не имеющих опыта работы в программной среде Autodesk® Robot™ Structural Analysis Professional. Здесь рассматриваются все этапы задания расчётной схемы, проведения расчёта и документирования результатов.

Основной задачей при написании пособия было освоение пользователем персонального компьютера выполнения автоматизированных профессиональных прочностных расчётов и проектирования несущих конструкций в программной среде Autodesk® Robot™ Structural Analysis Professional.

## Содержание

№ п/п	Наименование раздела	Лист
1	<b>Введение:</b> 1. Описание программного продукта 2. Универсальный метод, применяемый в расчётных САПР 3. Основные законы и уравнения, применяемые в Robot	4
2	<b>Порядок создания расчётной схемы для проведения расчётов методом конечных элементов в вычислительном комплексе Robot:</b> 1. Запуск программы Robot и подготовка к созданию расчётной схемы 2. Создание расчётной схемы стержневой системы для МКЭ (на примере фермы) 3. Печать и сохранение расчётной схемы 4. Нагружение расчётной схемы 5. Выполнение статического расчёта, анализ результатов 6. Составление отчёта. Их охранение и печать	10
3	<b>Работа с конструкцией проекта. Редактирование расчётной схемы. Подбор сечений из металлопроката:</b> 1. Создание расчётной схемы из библиотечных элементов 2. Работа с несколькими файлами 3. Добавление, удаление и изменение элементов 4. Расчёт. Просмотр результатов 5. Подбор сечения 6. Проектирование узлов 7. Координация чертежей. Формирование пояснительной записки	24
4	<b>Расчёт железобетонных конструкций:</b> 1. История возникновения железобетона 2. Запуск программы Robot. Создание разбивочных осей 3. Проектирование колон, балок, плит 4. Создание подстилающего слоя (грунты) 5. Нагружение схемы, расчет, результаты 6. Теоретическое армирование 7. Фактическое армирование. Чертежи. Отчет.	43
5	<b>Общие настройки ПК Robot:</b> 1. Общие настройки проекта 2. Настройка единиц измерения и баз данных расчета 3. Настройка рабочего пространства и параметров выходных данных	62
6	<b>Особые виды нагрузок и воздействий. Управление сеткой КЭ:</b> 1. Расчет моста на подвижную нагрузку от НК-80 2. Управление сеткой конечных элементов 3. Задание преднапряжения для железобетонных элементов	66
7	<b>Интеграция Robot с другими САПР. Программа подписки:</b> 1. Преимущества подписки 2. Building Information Modeling	71
8	<b>Test-Drive. Robot &amp; AutoCAD Structural Detailing</b> 1. Интерфейс программы AutoCAD Structural Detailing 2. Генерация рамной конструкции 3. Проектирование элементов 4. Загрузка проекта из RSA 5. Работа с моделью в AutoCAD Structural Detailing 6. Заключение	73
9	<b>Рекомендуемая литература</b>	95
10	<b>Для заметок</b>	96

## 1. Введение

### Содержание

1. Описание программного продукта
2. Универсальный метод, применяемый в расчётных САПР
3. Основные законы и уравнения, применяемые в Robot

*Автор благодарен за содействие в издании книги преподавателю учебного центра ООО «ПСС» А.П. Кардаенко и к.т.н. В.В. Свитину.*

### 1. Описание программного продукта

Здравствуйтесь. Рад приветствовать вас – слушателей базового курса Autodesk® Robot™ Structural Analysis Professional. Данное издание является пособием для получения навыков работы в современном проектно-расчётном программном продукте, а так же руководством по дальнейшему использованию программы.

Программный комплекс Autodesk Robot Structural Analysis Professional (далее RSA) в настоящее время является одним из наиболее прогрессивных и технологичных представителей Систем Автоматизированного Проектирования (САПР), предназначенный для выполнения компьютерного анализа и проектирования строительных конструкций.

Комплекс RSA предложен разработчиками в виде основного и вспомогательных программных продуктов, описанных ниже.

*Robot Structural Analysis Professional* (далее *Robot*) - основной продукт комплекса в виде мощной программной среды, реализующей все основные применяемые виды расчетов для проектирования всевозможных строительных конструкций. В этой программе объединены возможности создания двух- и трехмерной расчетной схемы, выполнение расчетов, автоматический подбор размеров всех элементов конструкции, подбор элементов соединений, формирование пояснительной записки, формирование чертежей отдельных элементов. Для полноценного использования этого продукта требуется достаточно мощный персональный компьютер, а также углубленное понимание работы программы.

*Concrete Building Structures* (далее *CBS*) - вспомогательный продукт комплекса в виде облегченной программной среды, реализующей основные виды расчетов для проектирования промышленно-гражданских зданий. С использованием этой программы возможно проектирование монолитных железобетонных конструкций, а также ряда конструктивных решений из сборного железобетона. В элементах из других материалов программа позволяет получить лишь внутренние усилия. Основное преимущество этого продукта состоит в возможности быстрого создания трехмерной модели здания удобными и простыми в использовании инструментами. При нехватке ресурсов CBS для выполнения поставленных задач проектирование может быть продолжено в *Robot*, путем автоматической передачи и преобразования уже готовой модели из одной среды в другую.

В данном курсе затрагивается только *Robot*, т.к. *CBS*, к сожалению, не имеет русифицированной версии и практически не используется на территории РФ и стран СНГ.

В настоящее время компанией Autodesk разработан и развивается ориентированный на проектирование строительных конструкций программный продукт *Revit Structure*®. Между

этим продуктом и описываемым в этой книге комплексом Robot создана взаимная интеграция, которая полностью обеспечивает решение любых графических (при помощи Revit Structure, пришедшего на замену известного AutoCAD) и расчетных (при помощи Robot) задач проектирования строительных конструкций. Поскольку с 2008 г. проектно-вычислительный комплекс Robot также является продуктом компании Autodesk, материал данной книги представляется особенно актуальным в применении САПР.

Кроме того, известно, что комплекс Robot является единственным лидирующим на текущий момент зарубежным (безусловно, вслед за САПР ближнего зарубежья) программным обеспечением в глубокой адаптации к российским нормам и стандартам проектирования, что подтверждается сертификатами соответствия Госстандарта России.

Безусловно, эта книга не претендует на описание всего разнообразия задач проектирования конструкций и всех возможностей комплекса Robot. Из этого следует, что перед самостоятельным применением программ следует глубоко осознать цель и суть каждой решаемой задачи, дабы избежать «ошибок проектирования».

Также очень важно критически оценивать результаты, полученные с применением любой САПР (и Robot не является исключением), сопоставляя их с уже реализованными проектами и попутными прикидочными расчетами вручную.

## 2. Универсальный метод, применяемый в расчётных САПР

Проектно-расчётный программный комплекс Robot реализован как система прочностного анализа и проектирования конструкций на основе метода конечных элементов и позволяет определить напряженно-деформированное состояние конструкции от статических и динамических воздействий, а так же выполнить ряд функций проектирования элементов конструкций.

Метод конечных элементов (МКЭ) – численный метод решения задач прикладной механики.

Возникновение метода конечных элементов (МКЭ) связано с решением задач космических исследований (1950 г.). Этот метод возник из строительной механики и теории упругости, а уже потом был осмыслен математиками, которые часто называют данный метод вариационно-разностным, подчеркивая тем самым его математическую природу. Они занимаются математическим обоснованием МКЭ, т.е. проводят теоретический анализ его сходимости и точности результатов. Представители же инженерного направления решают довольно сложные технические задачи, часто не задумываясь над строгим обоснованием применяемых ими приемов, а построенные алгоритмы и программы проверяют на известных точных решениях.

Существенный толчок в своем развитии МКЭ получил после того, как в 1963 г. было доказано, что этот метод можно рассматривать как один из вариантов известного в строительной механике метода Рэлея-Ритца, который путем минимизации потенциальной энергии позволяет свести задачу к системе линейных уравнений равновесия.

Связь МКЭ с процедурой минимизации позволила широко использовать его при решении задач в других областях техники. Метод применялся к задачам, описываемым уравнениями Лапласа или Пуассона (например, электромагнитные поля). Решение этих уравнений также связано с минимизацией некоторого функционала. Известны решения с помощью этого метода задач распространения тепла, задач гидромеханики и, в частности задач о течении жидкости в пористой среде.

Область применения МКЭ существенно расширилась, когда в 1968 г. было показано, что уравнения, определяющие элементы в задачах строительной механики, распространения тепла, гидромеханики, могут быть легко получены с помощью таких вариантов метода взвешенных невязок, как метод Галёркина или способ наименьших квадратов. Установление этого факта сыграло важную роль в теоретическом обосновании МКЭ, т.к. позволило применять его при решении многих типов дифференциальных уравнений. Таким образом, метод конечных элементов из численной процедуры решения задач строительной механики превратился в общий метод численного решения дифференциальных уравнений или систем дифференциальных уравнений. Этот прогресс был достигнут за довольно короткий срок, благодаря совершенствованию компьютерной техники.

Суть метода заключается в следующем: в результате воздействий на конструкцию (силовых, температурных, инерционных и др.) конструкция деформируется. Узлы сетки конечных элементов смещаются относительно первоначального положения. Для конечных элементов различных форм задают разные функции формы, используя которые получают новые значения координат узлов сетки в локальной системе координат (система координат элемента сетки). Таким образом, получают значения смещений, деформаций, напряжений в узлах элементов сетки, которые принадлежит проектируемому объекту.

Известно, что различные сетки дают различную точность получаемого численного решения. Сформулировать четкие критерии «добротности» конечно-элементных сеток в общем случае очень непросто. Можно говорить о выборе оптимальной сетки для конкретной конструкции и при конкретной постановке задачи. Если немного изменить условия, то сетка, которая давала неудовлетворительный результат, может вполне подойти, а сетка, на которой был достаточно точный расчет, может привести к значительным ошибкам. На практике, инженер-расчетчик выбирает оптимальную сетку для решения задачи на основании собственного опыта.

#### **Классификация расчетных сеток:**

- по ортогональности:
  - ортогональные;
  - ортогонализированные;
- по структуре:
  - структурированные (регулярные);
  - не структурированные (не регулярные).

#### **Методы построения расчетных сеток:**

- алгебраические;
- дифференциальные:
  - метод комфортных отображений;
  - метод согласованный с границей области.

Модуль генерации сетки (вначале разбиения плоской области на треугольники, потом поверхности на треугольники и затем разбиение пространственной фигуры на тетраэдры).

### Фронтальные алгоритмы построения треугольной сетки.

Исходными данными для фронтальных алгоритмов является граница расчетной области, представленная в виде отрезков (сегментов). Начиная с минимального радиуса кривизны границы области, происходит последовательное создание новых треугольников, с продвижением границы вглубь триангулируемой области.

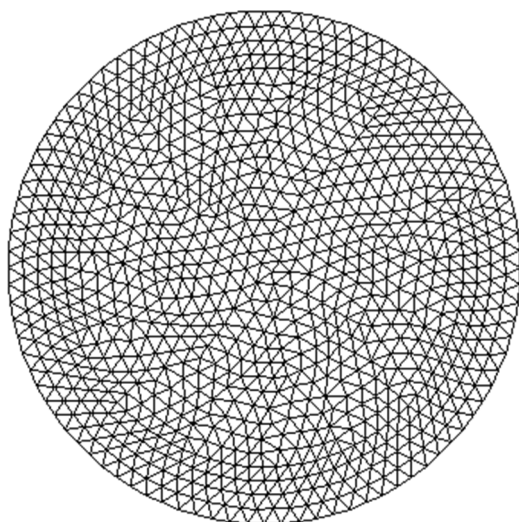


При наличии нерегулярных сегментов на границе, процедура должна обеспечивать выход на «равномерный» режим по мере сужения области. Для конечно-элементных методов под равномерностью понимается приближение треугольника к равностороннему с длиной стороны, равной заданному значению  $\Delta x$ .

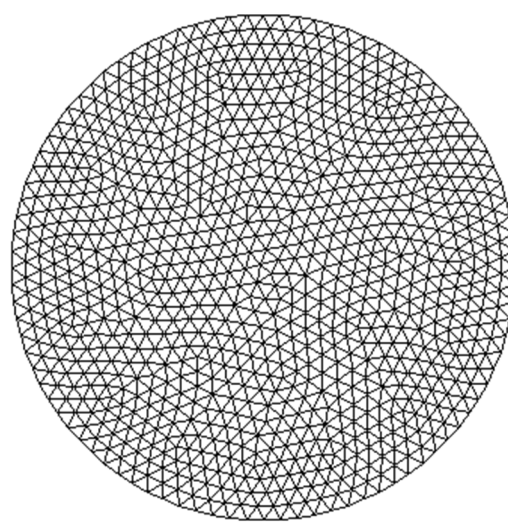
### Post-оптимизация сетки.

Обеспечить максимальную равномерность сетки, используя фронтальные алгоритмы, практически невозможно – это потребовало бы учитывать при построении каждого треугольника абсолютно все его окружение, как в достроенной области, так и в недостроенной, что противоречит принципам фронтального алгоритма. Однако к произвольной сетке можно применить post-оптимизацию, которая позволяет значительно улучшить равномерность сетки и выправить определенные нерегулярности. Как правило, используется следующий порядок:

- 1 шаг: Смена диагоналей по критерию числа ячеек в узле;
- 2 шаг: Итерационное изменение координат внутренних точек;
- 3 шаг: Смена диагоналей по критерию тупого угла;
- 4 шаг: Итерационное изменение координат внутренних точек;



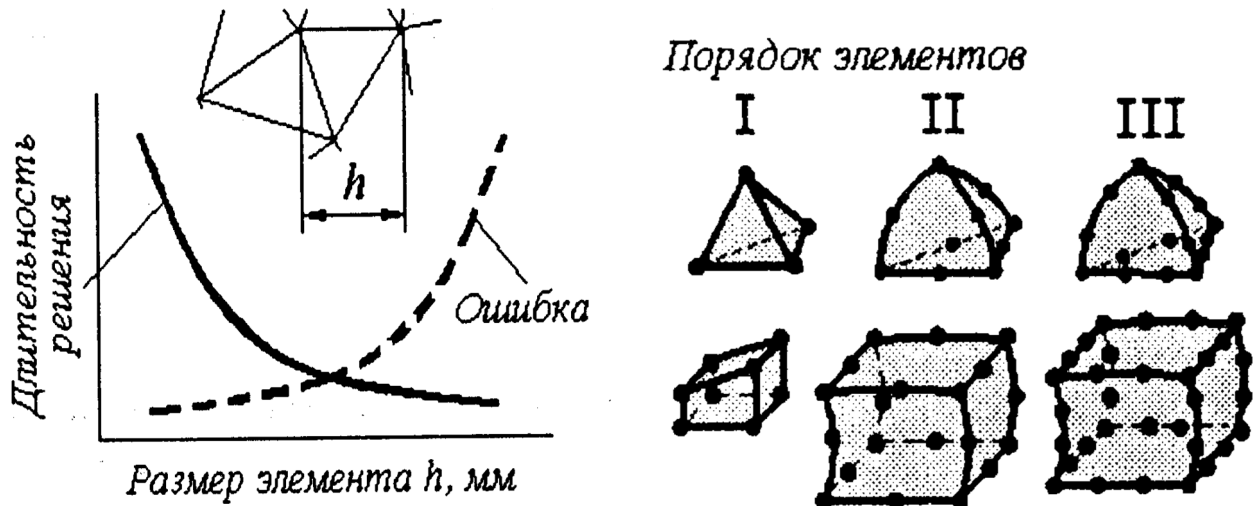
До процедуры Post-оптимизации



После процедуры Post-оптимизации

Первое заблуждение начинающего расчетчика: «Чем больше элементов (чем гуще сетка), тем точнее результат». Причин, по которым не сбываются надежды несколько: во-первых – частая сетка в большинстве случаев не уточняет результат, а только зря использует вычислительные возможности компьютера; во-вторых – это так же приводит и к ошибке округления и дальнейшего накопления. Для удобства расчетов, в современных расчетных

программах используются готовые наборы элементов, соответствующие конкретному типу конструкции и постановке задачи. Конечные элементы имеют порядок (количество узлов) и могут быть: линейными (I), квадратичными (II), кубическими (III) и т.д. Элементы более высокого порядка более точно аппроксимируют геометрию задачи, однако их применение требует больших вычислительных ресурсов.



Такие программные комплексы, как Autodesk Robot Structural Analysis Professional позволяют выбирать тип расчетной сетки и регулировать ее частоту. В поле «доступные методы построения сетки» можно выбрать один из двух методов:

- Метод Кунса;
- Метод Делано.

В поле Конечные элементы можно выбирать тип конечного элемента. Можно также назначить коэффициент сгущения при выбранном методе разбиения области на конечные элементы. Следующее диалоговое окно позволяет выбирать параметры сетки объемных конечных элементов: 3-узловые и 6-узловые треугольники, 4-узловые и 8-узловые прямоугольники. *Autodesk* рекомендует использовать 3-х и 4-х узловые поверхностные элементы. При генерации сетки с использованием 6-и и 8-и узловых поверхностных элементов могут некорректно работать следующие опции: снятие линейных связей, булевские операции (вырез), согласование сеток между плитами, а также между плитами и стержнями.

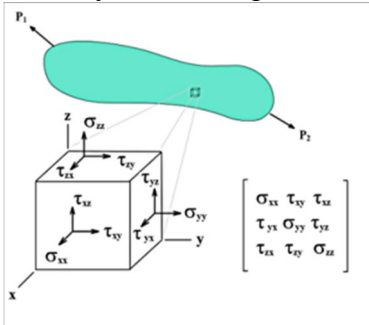
### 3. Основные законы и уравнения, применяемые в Robot

В общем случае напряжения и деформации являются тензорами второго ранга в трёхмерном пространстве (имеют по 9 компонент). Связывающий их тензор упругих постоянных является тензором четвёртого ранга  $C_{ijkl}$  и содержит 81 коэффициент. Вследствие симметрии тензора  $C_{ijkl}$ , а также тензоров напряжений и деформаций, независимыми являются только 21 постоянная. Закон Гука выглядит следующим образом:

$$\sigma_{ij} = \sum_{kl} C_{ijkl} \cdot \varepsilon_{kl},$$

где  $\sigma_{ij}$  — тензор напряжений,  $\varepsilon_{kl}$  — тензор деформаций. Для изотропного материала тензор  $C_{ijkl}$  содержит только два независимых коэффициента. Следует иметь в виду, что закон Гука выполняется только при малых деформациях. При превышении предела пропорциональности связь между напряжениями и деформациями становится нелинейной. Для многих сред закон Гука неприменим даже при малых деформациях.

Тензор напряжений — тензор второго ранга, состоящий из девяти величин, представляющих механические напряжения в произвольной точке нагруженного тела. Эти девять величин записываются в виде таблицы, в которой по главной диагонали стоят нормальные напряжения в трёх взаимно перпендикулярных осях, а в остальных позициях - касательные напряжения, действующие на трёх взаимно перпендикулярных плоскостях.



Компоненты тензора напряжений  $\sigma_{ij}$  равны отношению компоненты силы  $\Delta F_i$ , действующей на элементарную площадку  $\Delta S$  к её площади:

$$\sigma_{ij} = \frac{\Delta F_i}{\Delta S_j}$$

Здесь под  $\Delta S_j$  понимаются компоненты вектора, образованного из нормали к элементарной площадке  $\vec{n}$  и её площади  $\Delta S$ :

$$\Delta \vec{S} = \vec{n} \Delta S$$

Таким образом, сила, действующая на некий объём  $V$  равна интегралу тензора напряжения на границе этого объёма по поверхности этого объёма  $S$  (в отсутствие объёмных сил):

$$F_i = \oint_S \sigma_{ij} dS_j$$

В случае линейной теории упругости тензор напряжений симметричен (так называемый закон парности касательных напряжений).

Тензор деформации — тензор, который характеризует смещение каждой точки тела при деформации. Тензор деформации определяется как

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} + \sum_l \frac{\partial u_l}{\partial x_i} \frac{\partial u_l}{\partial x_j} \right),$$

где  $\mathbf{u}$  — вектор, описывающий смещение точки тела: его координаты — разность между координатами близких точек после ( $dx'_i$ ) и до ( $dx_i$ ) деформации. Расстояния до и после деформации связаны через  $\varepsilon_{ij}$ :

$$dl'^2 = dl^2 + 2\varepsilon_{ij} dx_i dx_j$$

(по повторяющимся индексам ведётся суммирование). По определению тензор деформации симметричен, то есть  $\varepsilon_{ij} = \varepsilon_{ji}$ . При малых  $\mathbf{u}$  можно пренебречь квадратичными слагаемыми, и пользоваться тензором деформации в виде:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right)$$

С помощью тензора деформации описываются упругие деформации. При больших деформациях, если начинает проявляться пластичность, тензор деформации уже не применяется. Диагональные элементы  $\varepsilon_{ij}$  описывают линейные деформации растяжения либо сжатия, недиагональные — деформацию сдвига.

## 2. Порядок создания расчётной схемы для проведения расчётов методом конечных элементов в вычислительном комплексе Robot

### Содержание

1. Запуск программы Robot и подготовка к созданию расчётной схемы
2. Создание расчётной схемы стержневой системы для МКЭ (на примере фермы)
3. Печать и сохранение расчётной схемы
4. Нагружение расчётной схемы
5. Выполнение статического расчёта, анализ результатов
6. Составление отчёта. Их сохранение и печать

*«Вещи бывают великими и малыми не только по воле судьбы и обстоятельств, но также по понятиям каждого»*

*Козьма Прутков*

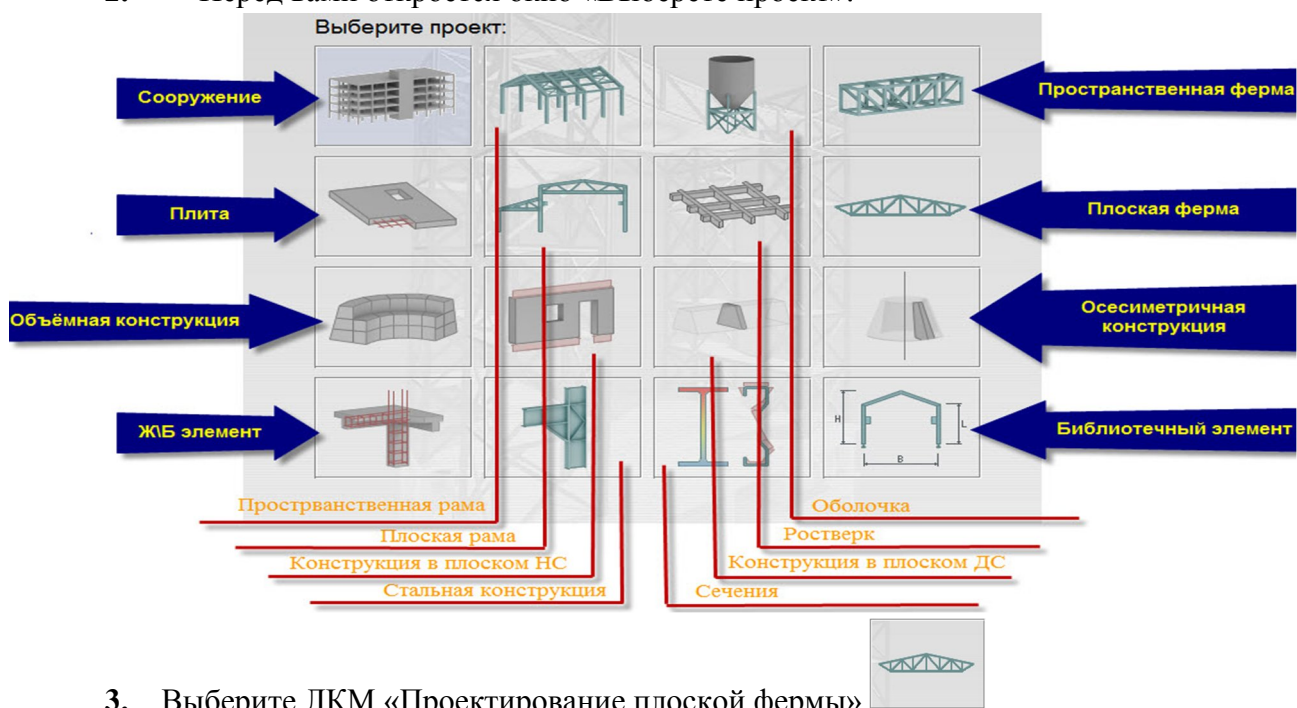
### Условные обозначения:

ЛКМ – левая кнопка мыши

ПКМ – правая кнопка мыши

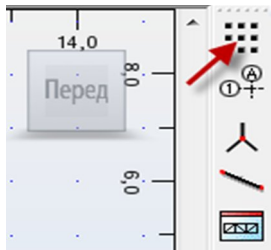
### 1. Запуск программы Robot и подготовка к созданию расчётной схемы

1. Запустите программу Robot (ярлык программы 2ЛКМ или Пуск -> Программы -> Autodesk -> Autodesk Robot Structural Analysis Professional)
2. Перед вами откроется окно «Выберете проект»:



3. Выберите ЛКМ «Проектирование плоской фермы»

4. На правой боковой панели ЛКМ выберите опцию «шаги сетки»

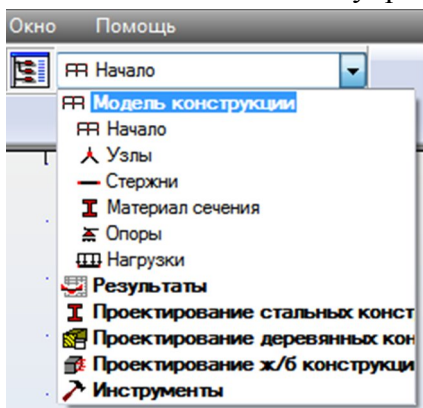


5. Настройте шаг, к примеру, 1 м в направлении  $D_x$  и  $D_y$ , затем ЛКМ «применить» и «заккрыть»



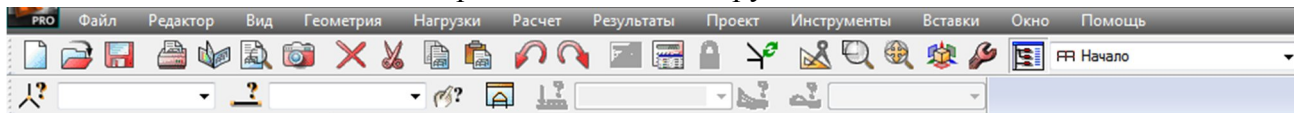
Отображение сетки должно быть включено

6. Ознакомьтесь с панелью управления проектом

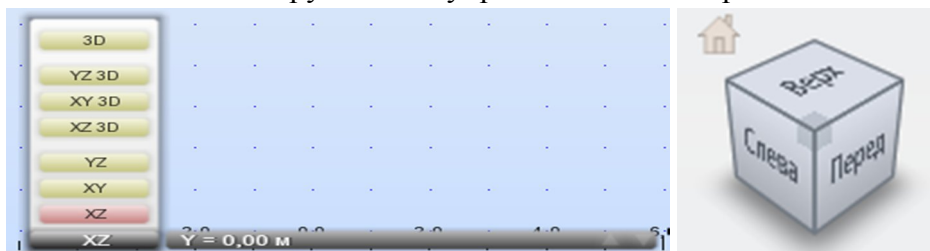


остановите выбор ЛКМ на опции «Начало»

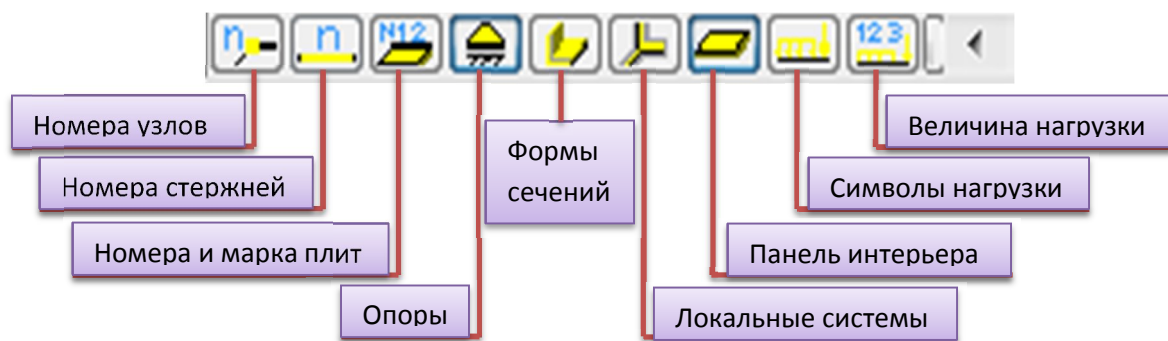
7. Ознакомьтесь с верхней панелью инструментов



8. Ознакомьтесь с инструментами управления видом проекции



9. Ознакомьтесь с отображением деталей проекта



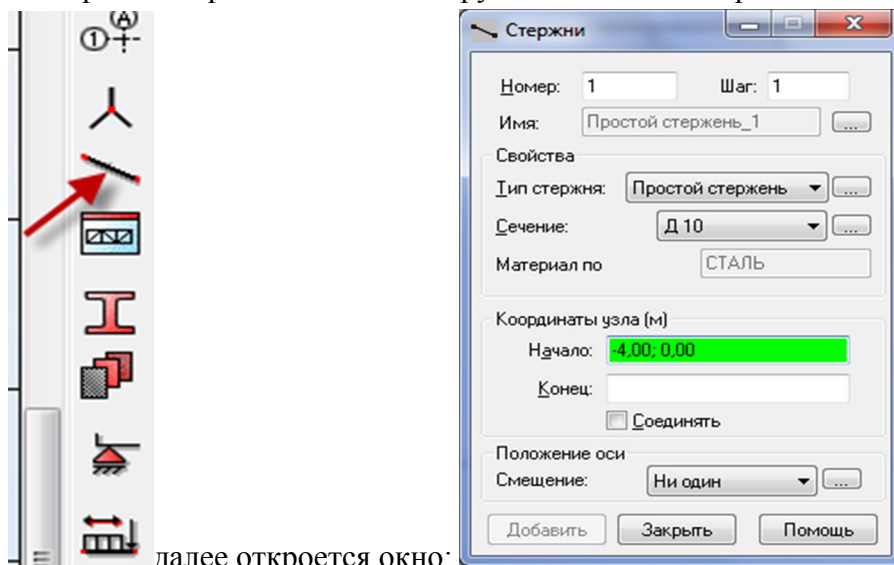
## 2. Создание расчётной схемы стержневой системы для МКЭ (на примере фермы)

Геометрическое изображение расчётных схем, встречающихся в зданиях и сооружениях, в программе Robot может быть выполнено 3-мя способами:

1. Использование генератора рам;
2. Последовательное построение элементов;
3. Комбинация методов.

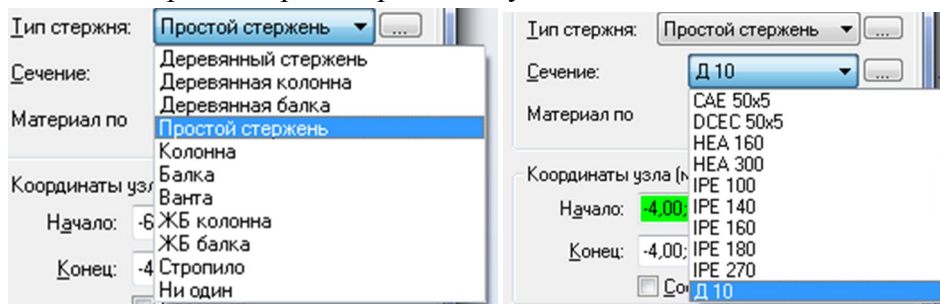
Начнём создание конструкции на примере плоской фермы путём построение элементов.

1. Выберите на правой панели инструментов ЛКМ «стержни»

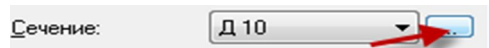


далее откроется окно:

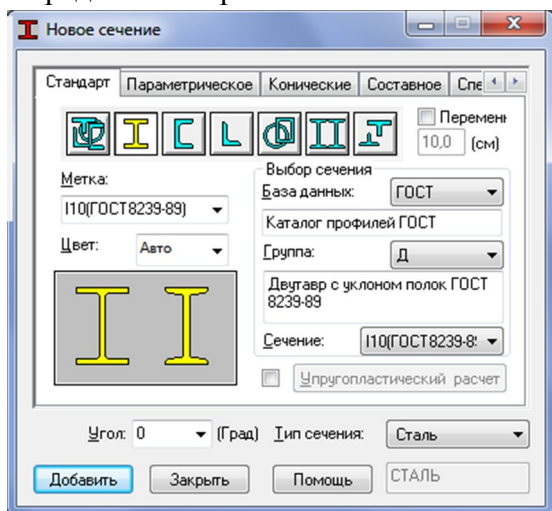
2. В окне «стержни» просмотрите доступные свойства



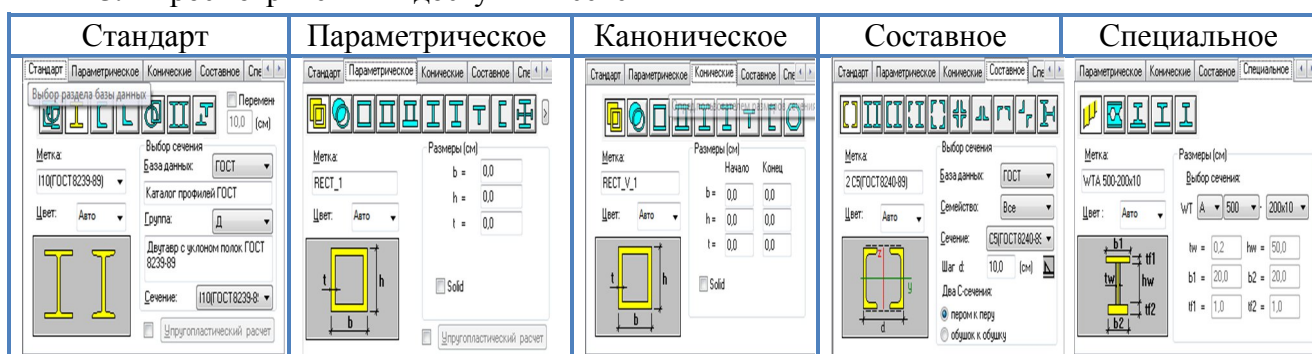
3. В свойствах «тип стержня» выберете «простой стержень», а в свойствах «сечение» нажмите на клавишу с многоточием



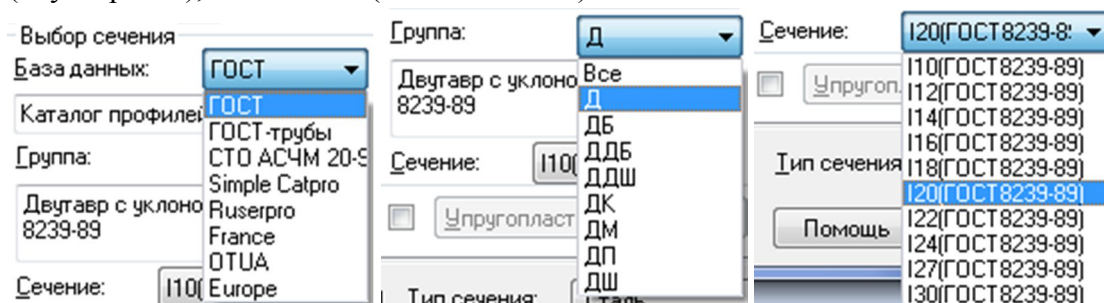
4. Перед вами откроется окно «новое сечение»



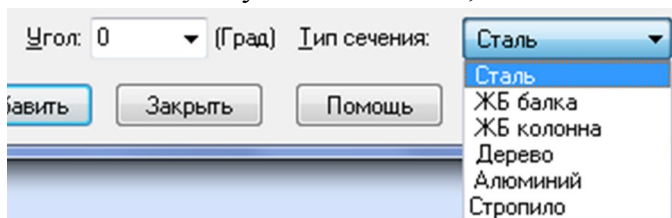
5. Просмотрите типы доступных сечений



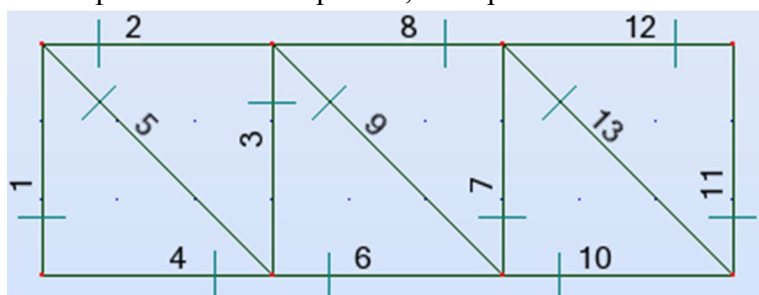
6. Остановите выбор на «стандарт». Выберите базу данных ГОСТ, группу «Д» (двутавровая), сечение I20(ГОСТ 8239-89).



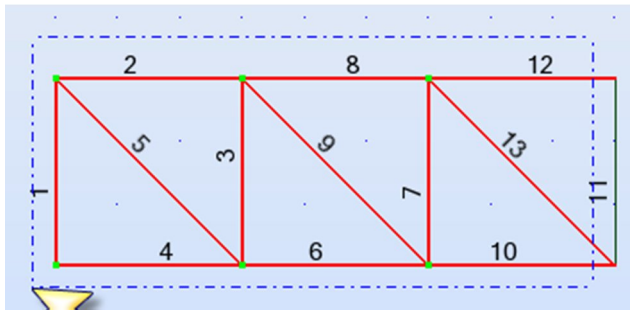
7. В «тип сечения» укажите «сталь», ЛКМ «добавить» и «закрыть»



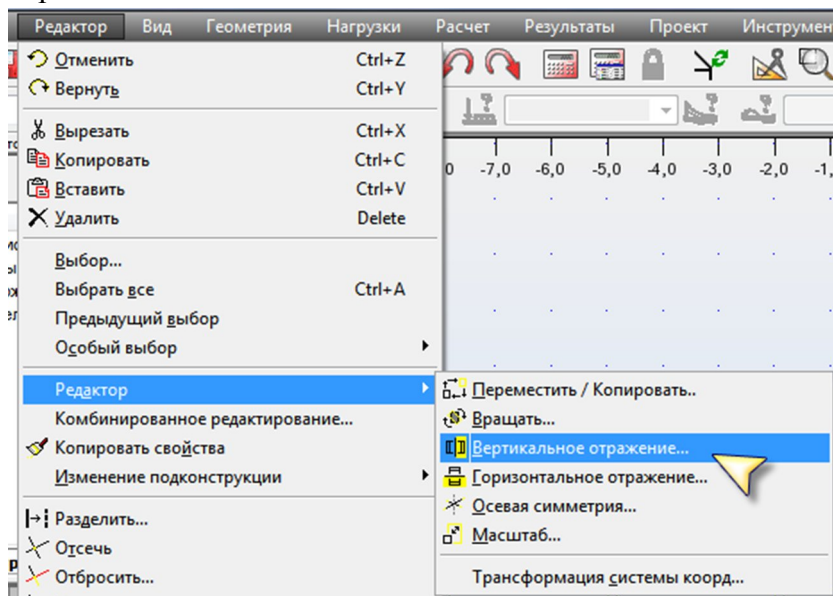
8. Не закрывая окно «стержни», вычертите по точкам сетки следующую конструкцию



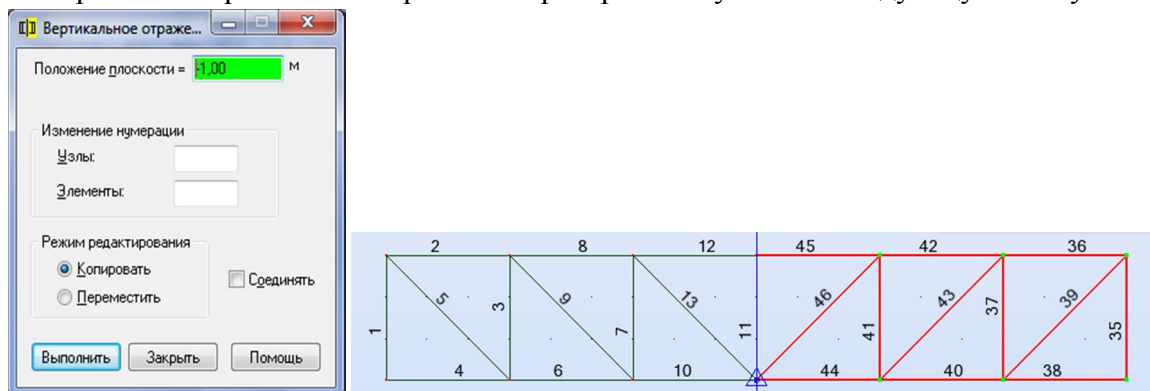
9. Нажмите ЛКМ «заккрыть» в окне «стержни». Выделите стержни 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,12,13 (стандартным методом AutoCAD прямоугольником слева направо)



10. На верхней панели инструментов выберите Редактор -> Редактор -> вертикальное отражение



11. Перед вами откроется окно «вертикальное отражение». В режиме редактирования выберите «копировать» и на рабочем пространстве укажите следующую точку

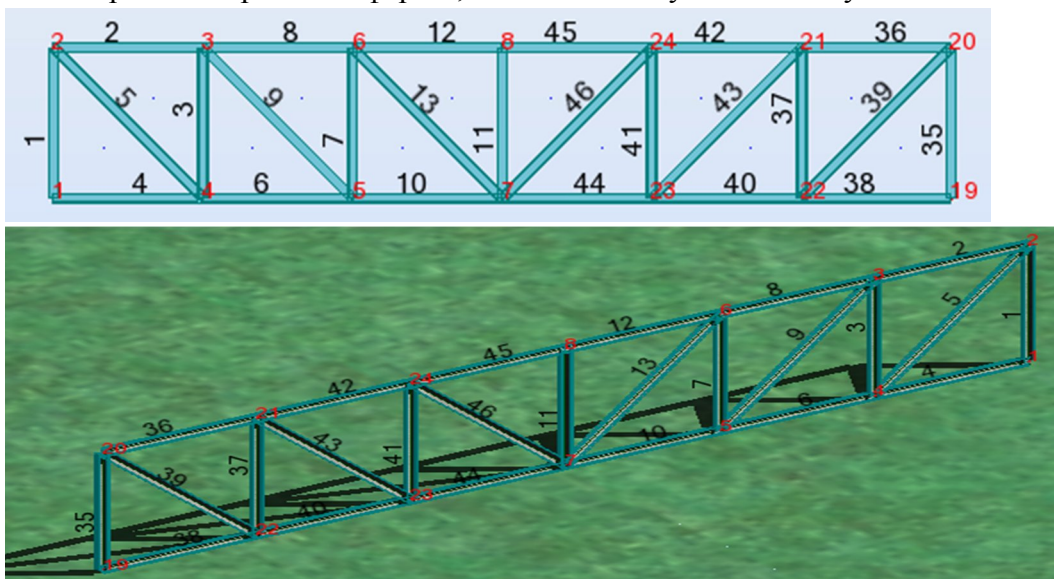


12. В окне «Вертикальное отражение» нажмите ЛКМ «выполнить» и «заккрыть»

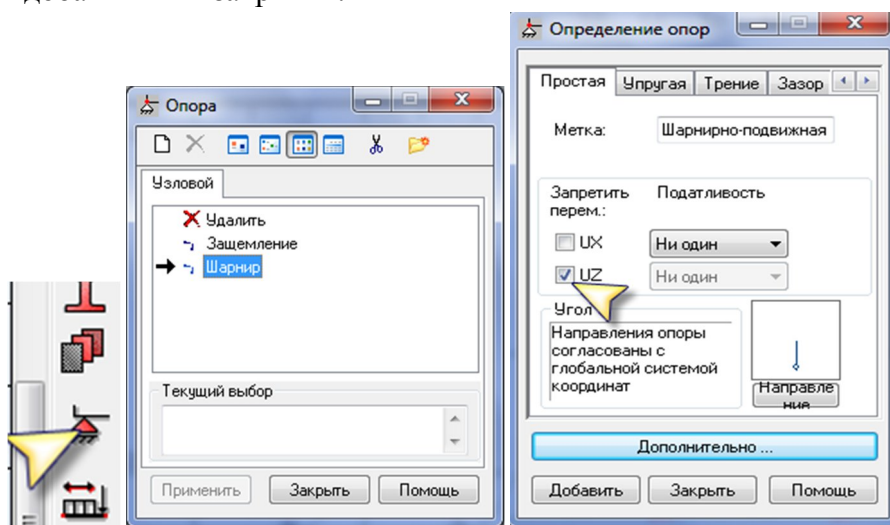


13. Отобразите номера узлов и форму сечений

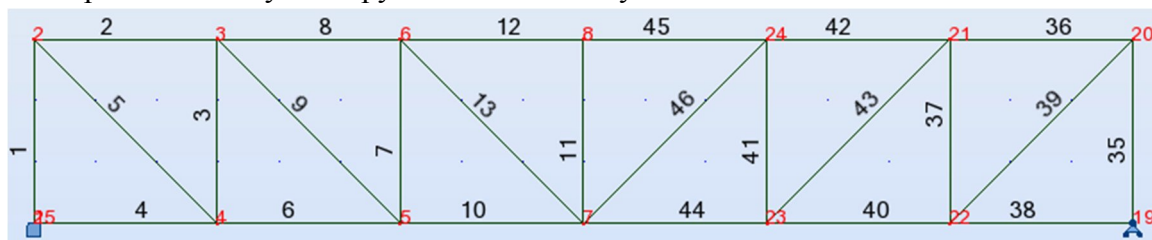
14. Посмотрите отображение фермы, также используя видовой куб



15. Вернитесь в исходный вид XZ, уберите отображение сечений. Вбери́те в правой панели инструментов «опоры». Назначаем шарнир для узла 25, Далее создаём новую опору. В метке пишем «шарнирно-подвижная» и из связей убираем UX (оставляем запрет только для вертикальных смещений). Нажимаем ЛКМ «добавить» и «заккрыть».

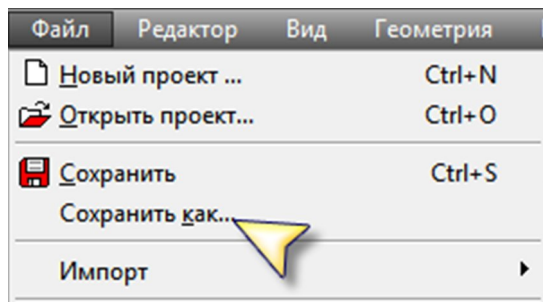


Выбираем созданную опору и отмечаем для узла 19.



### 3. Сохранение и печать расчётной схемы

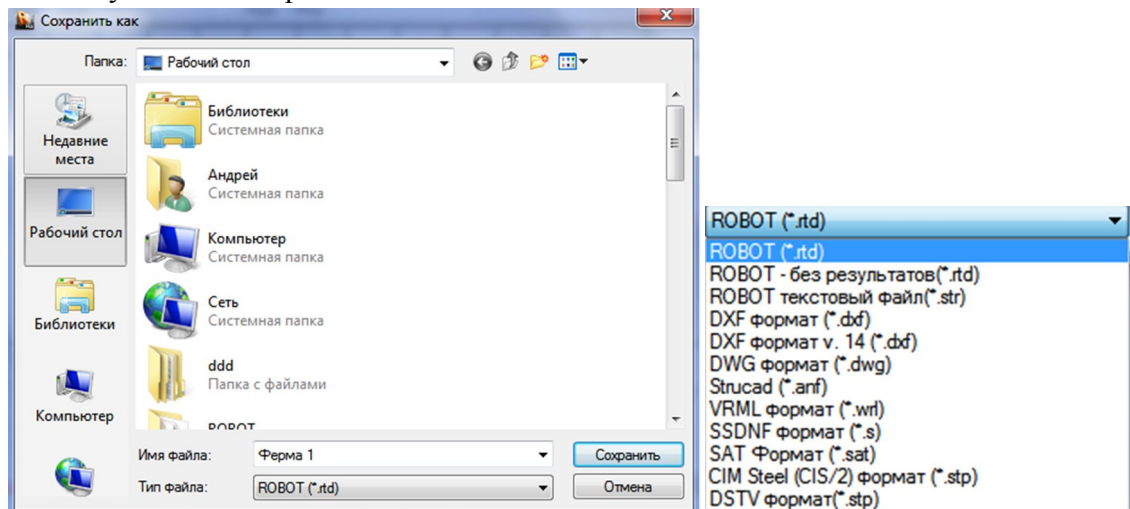
1. Чтобы сохранить проект, нажмите в левом углу Файл -> Сохранить (или сохранить как)



по умолчанию сохранение происходит на

«рабочий стол» под именем «Конструкция 1»

2. При выборе «Сохранить как» перед вами откроется диалоговое окно, в котором можно указать имя файла и его тип



### Формат файл

\*.RTD

\*.STR

\*.DO4

\*.STD

\*.STP

\*.DXF

\*.DWG

\*.IGS

\*.S

\*S2K

\*.ANF

\*.SAT

\*.NEU

\*.RDX

\*.IFC

### Описание файла

Файл программы Robot

Текстовый файл программы Robot

Файл программы Effel ©

Файл программы Staad ©

Файл формата DSTV (Deutscher Stahlbau Verband) или файл формата CIM STEEL (CIS/2)

Файл формата DXF

Файл формата DWG

Файл формата IGS

Файл формата SSDNF (Нейтральный файл детализации стальных конструкций)

Файл программы SAP 2000 ©

Файл программы StruCAD ©

Файл формата SAT (стандартный ACIS текст)

Промежуточный файл программы FEMAP ©

Файл программы ROBOT (формат для хранения сплошн конструкций)

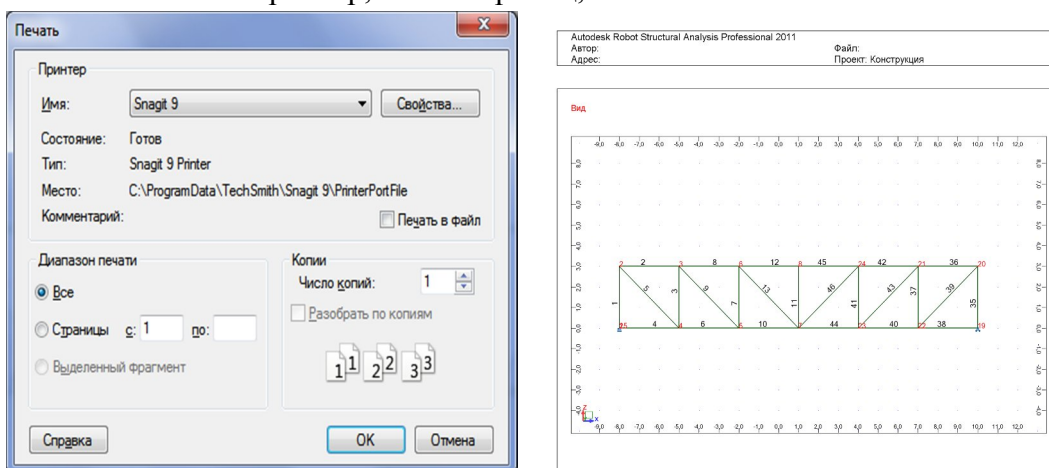
Файловый формат \*.IFC (формат обмена данными)

Файлы IFC открываются в версиях 2.x, 2.x2. Более поздн версии этого формата 1.5 и 2.0 не поддерживаются.

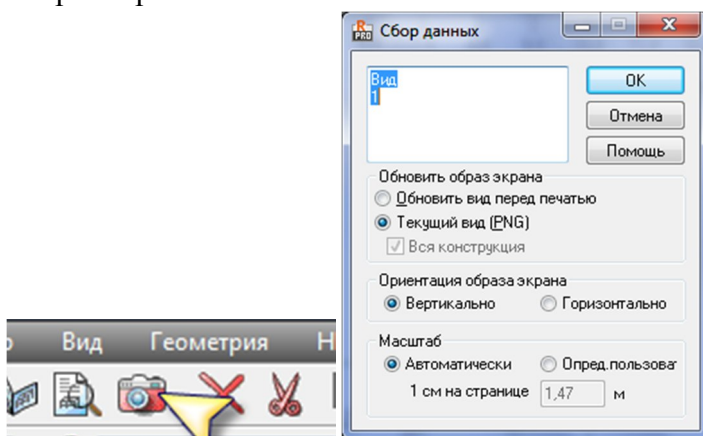
Данный формат позволяет импортировать стержневые объекты и плоские плиты с отверстиями без переноса

сечения стержней

- Для печати конструкции также нажмите Файл -> печать. В открывшемся окне можно назначить принтер, число страниц, копий

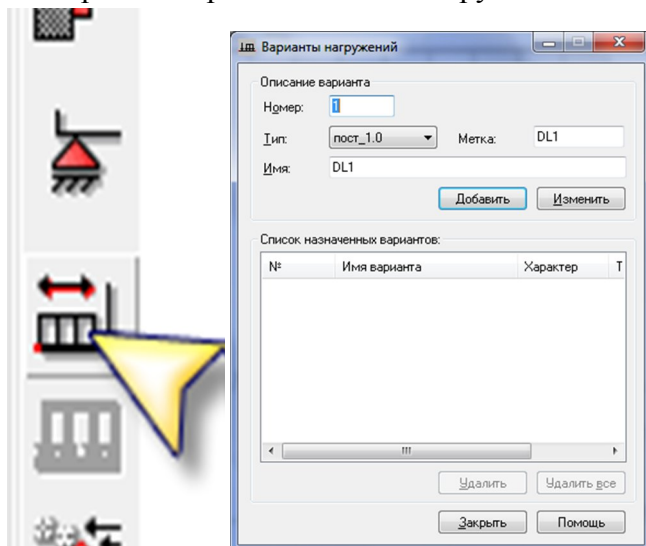


- Назначить вид печати можно, используя клавишу на верхней панели инструментов «образ экрана»

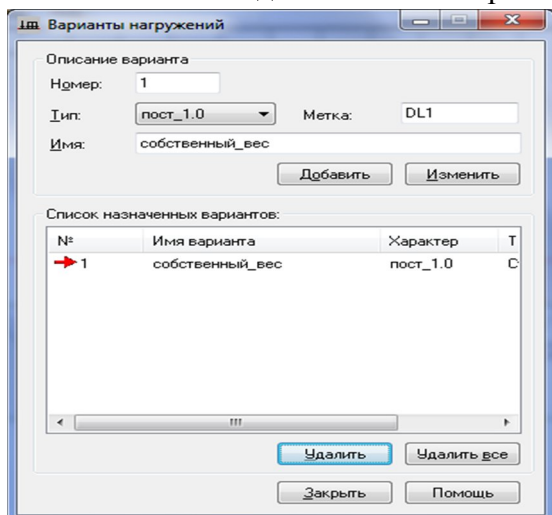


#### 4. Нагружение расчетной схемы

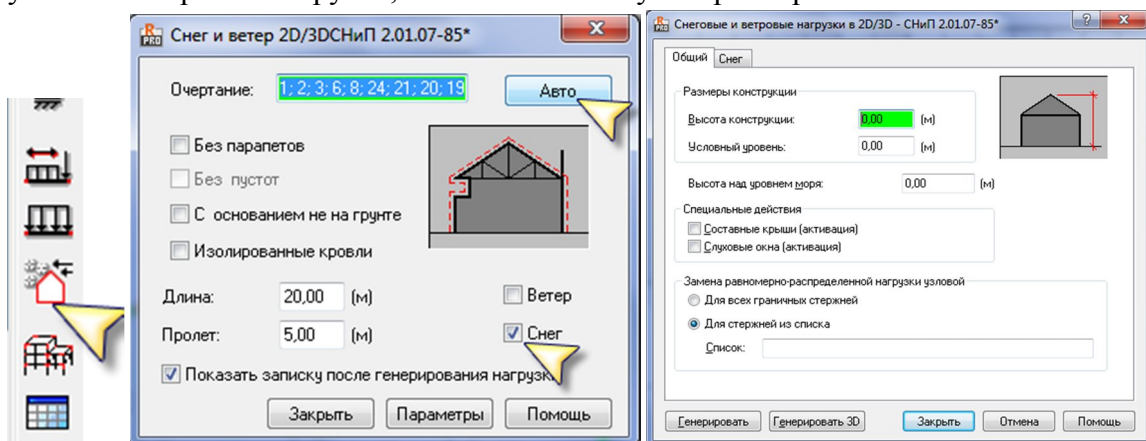
- Выберите на правой панели инструментов опцию «варианты нагружений»



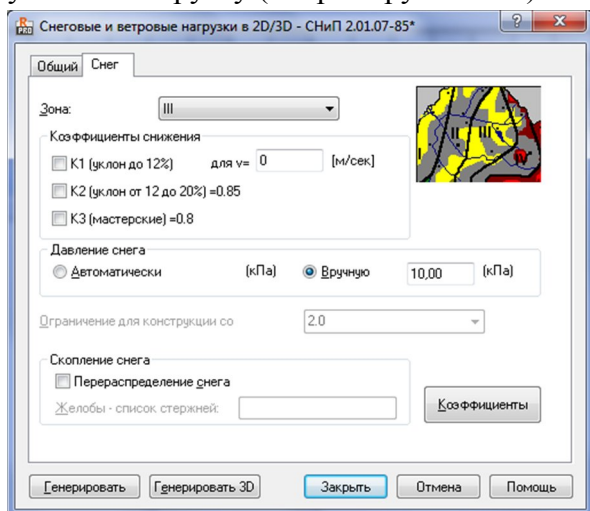
- Для учёта собственного веса, укажем Имя «собственный\_вес», тип «пост\_1.0». Нажимаем ЛКМ «добавить» и «закреть»



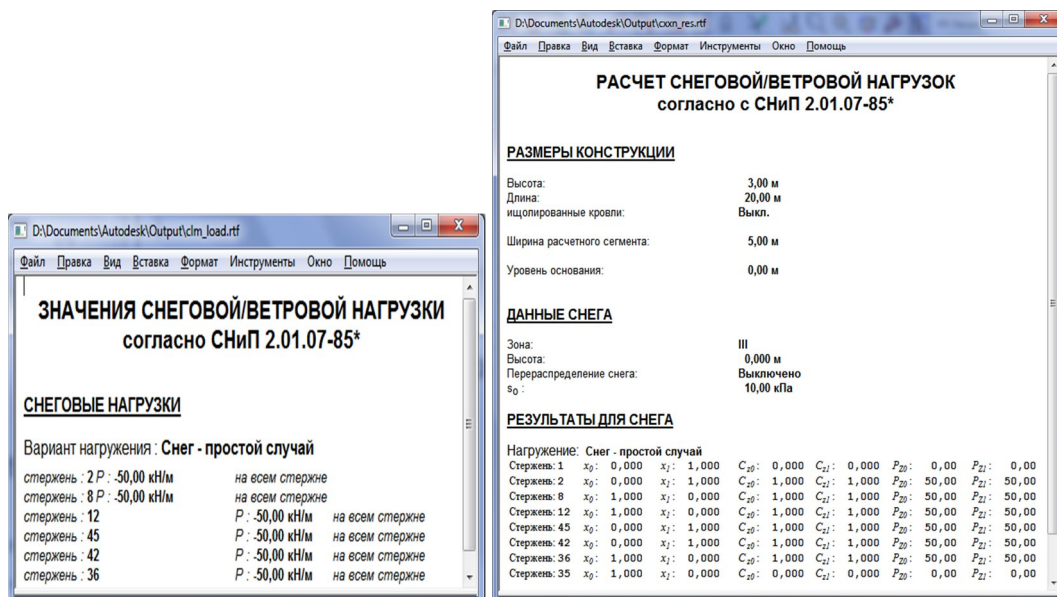
- Для назначения ветровой и снеговой нагрузки выберите опцию на правой панели инструментов «снеговые/ветровые нагрузки 2D/3D». Нажмите данную клавишу. В открывшемся окне автоматически определите очертания клавишей «авто», уберите указание ветровой нагрузки, нажмите клавишу «Параметры»



- Перейдите на вкладку «снег», укажите район строительства (к примеру III), вручную укажите нагрузку (к примеру 10 кПа) и клавишу «генерировать»

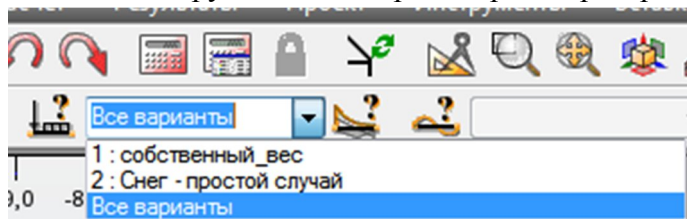


- Сразу откроется 2 окна с текстом «значения снеговой нагрузки» и «расчет снеговой нагрузки»



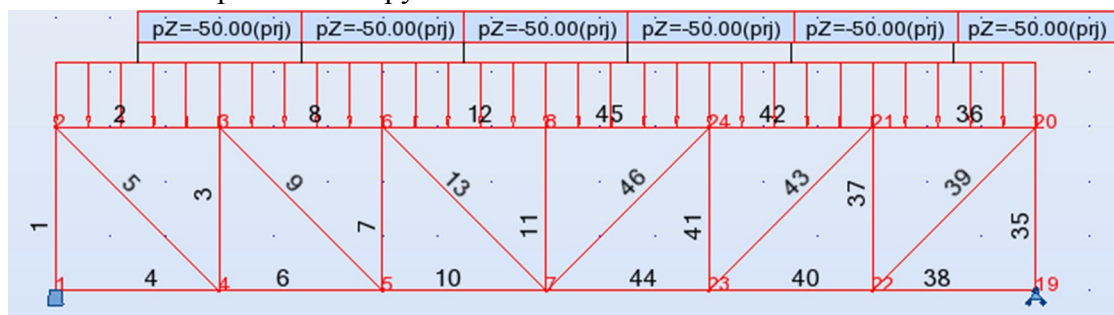
Данные результаты можно сохранить и отредактировать. Закрываем окна.

- Заданные нагрузки можно просмотреть в раскрывающемся окне нагрузок




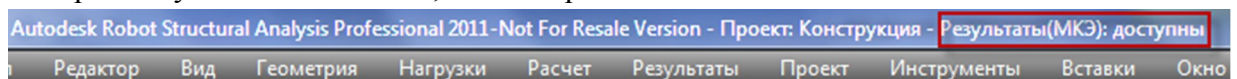
Выбираем «все варианты»

- Включите отображение нагрузок и их значений



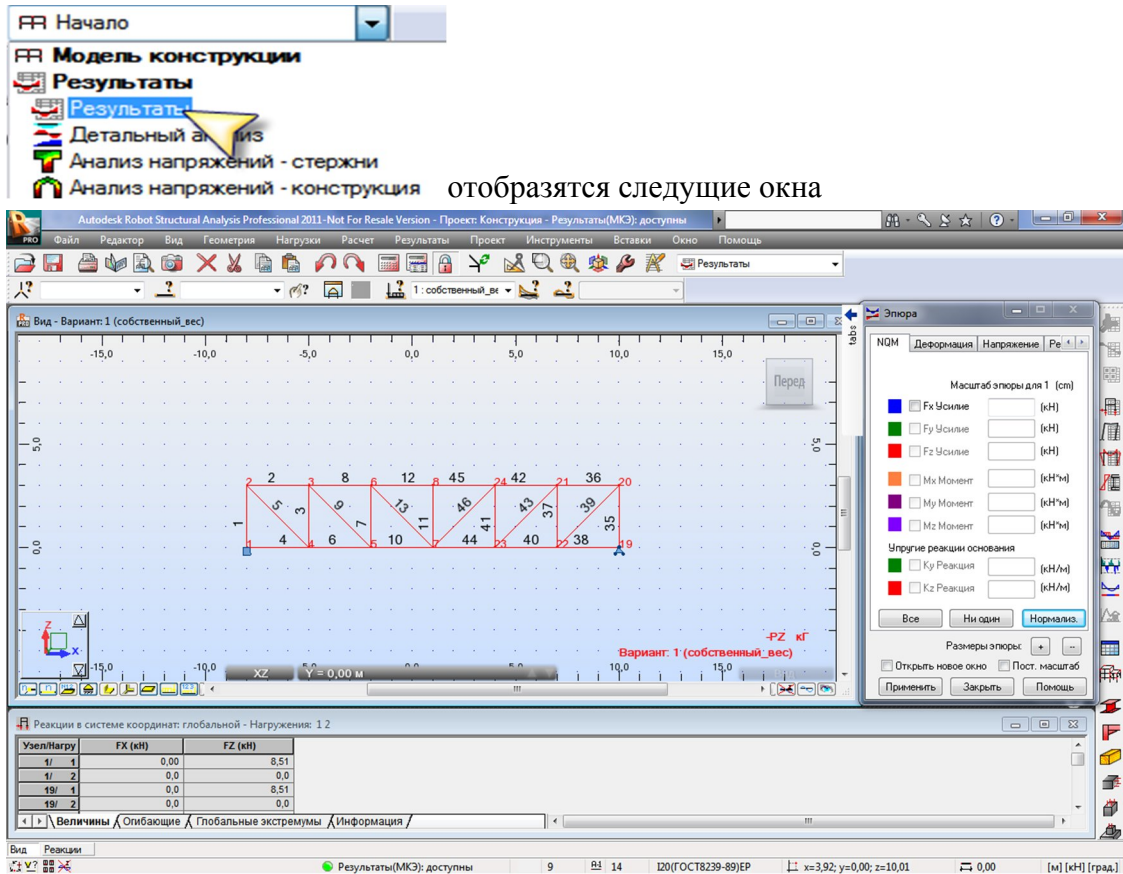
## 5. Статический расчёт, анализ результатов

- Выбираем опцию «расчёт» на верхней панели инструментов 
- Теперь доступны данные МКЭ, что отображается в названии окна Robot.

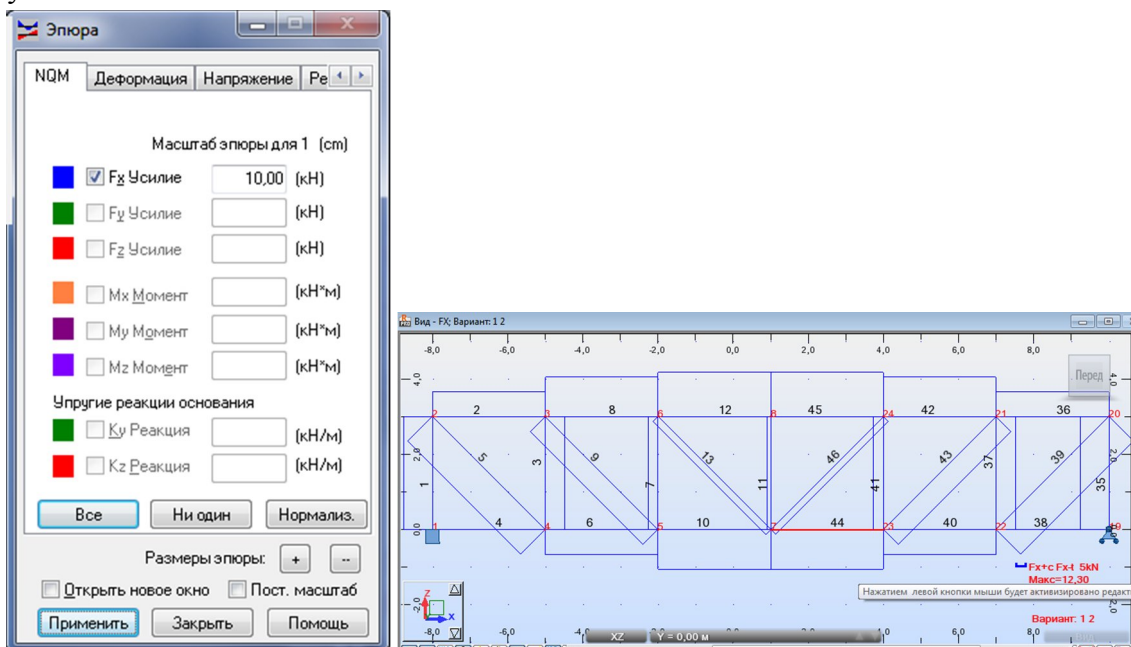


Если происходят изменения в конструкции, то будет написано «Результаты(МКЭ):устарели»

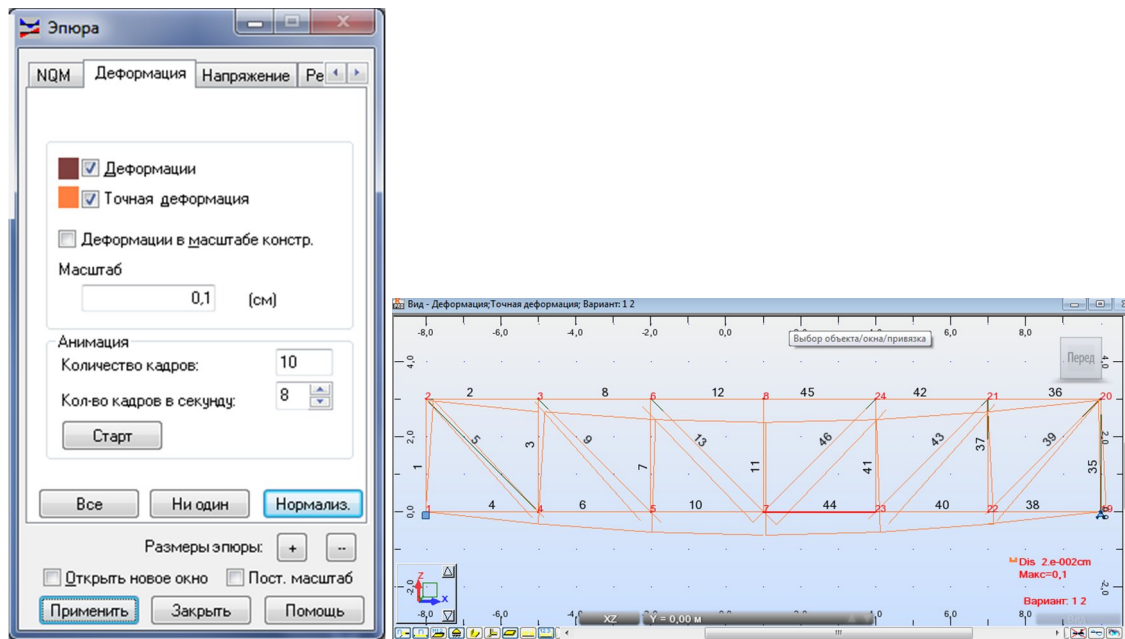
3. Чтобы просмотреть результаты расчёта, переходим в режим результаты



4. Далее работаем в окне эпюра. В вкладке «NQM» отмете «Fx усилие» и масштаб для него 10 кН, далее клавишу «применить». На экране отобразятся эпюры данного усилия

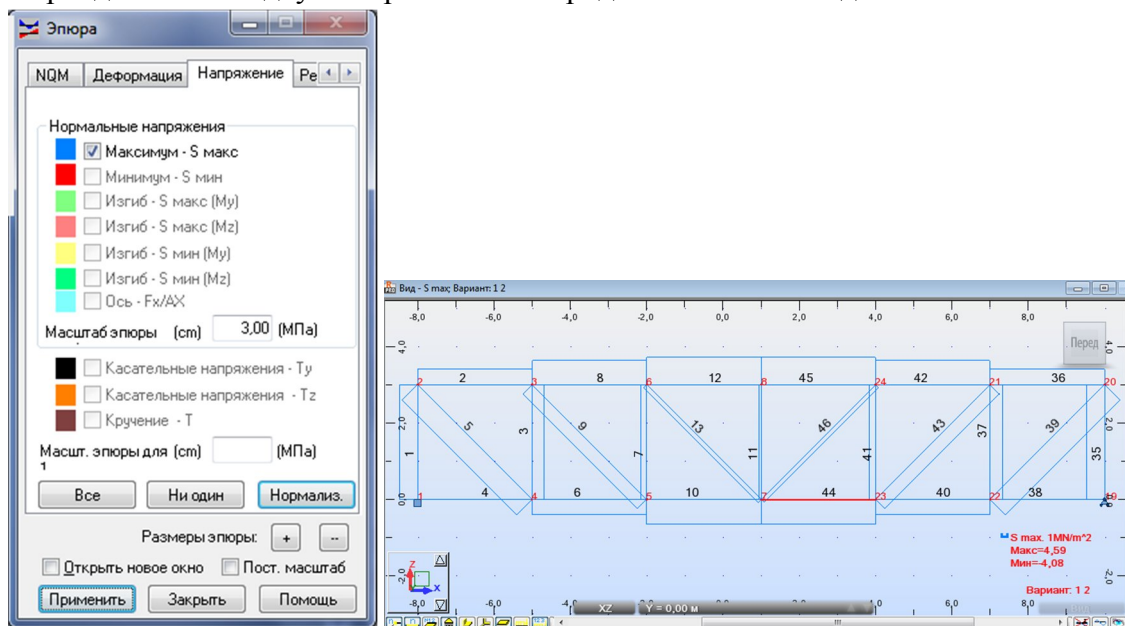


5. Перейдите на вкладку «деформация». Отмечаем «деформация» и «точечная деформация», затем клавишу «применить»

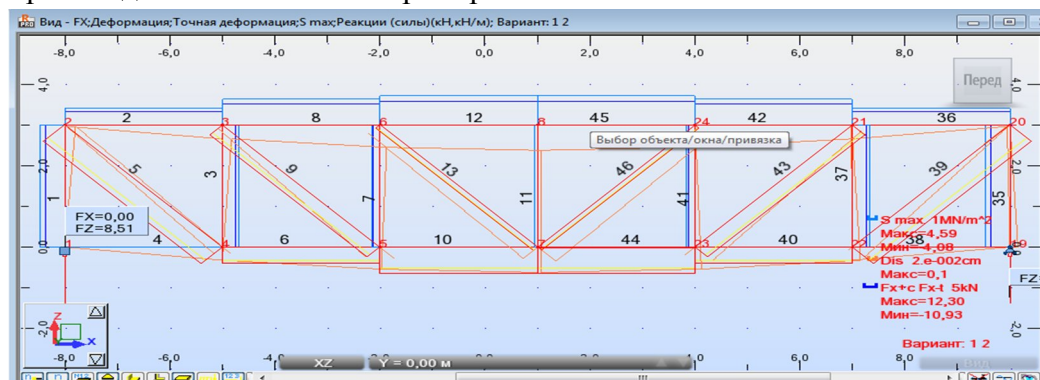


так же попробуйте на той же вкладке нажать «старт», чтобы увидеть анимацию прогиба

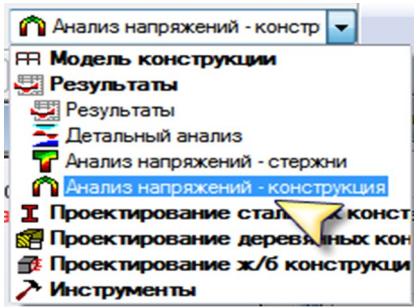
6. Перейдите на вкладку «напряжения» и проделайте такие же действия



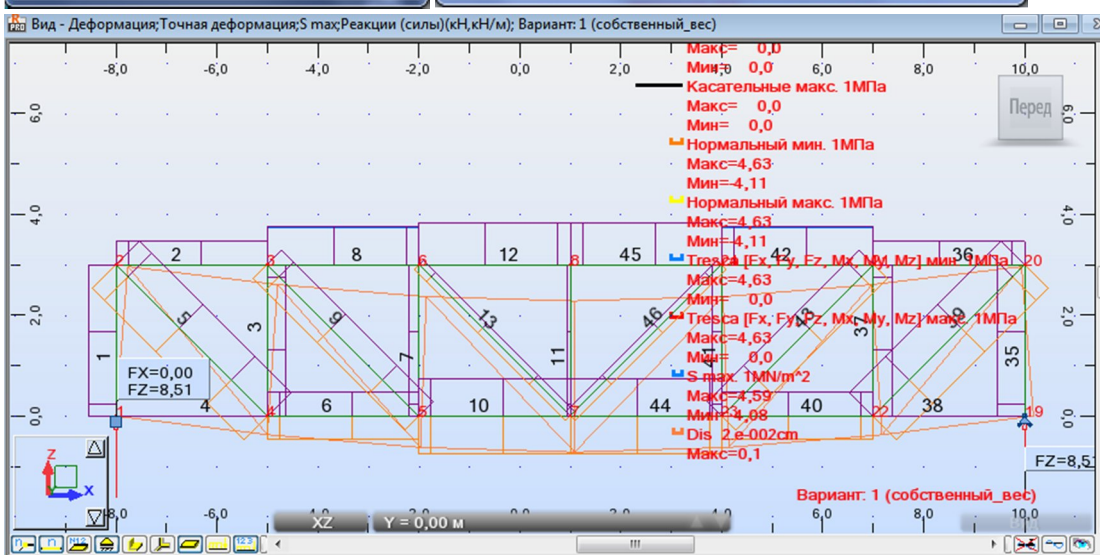
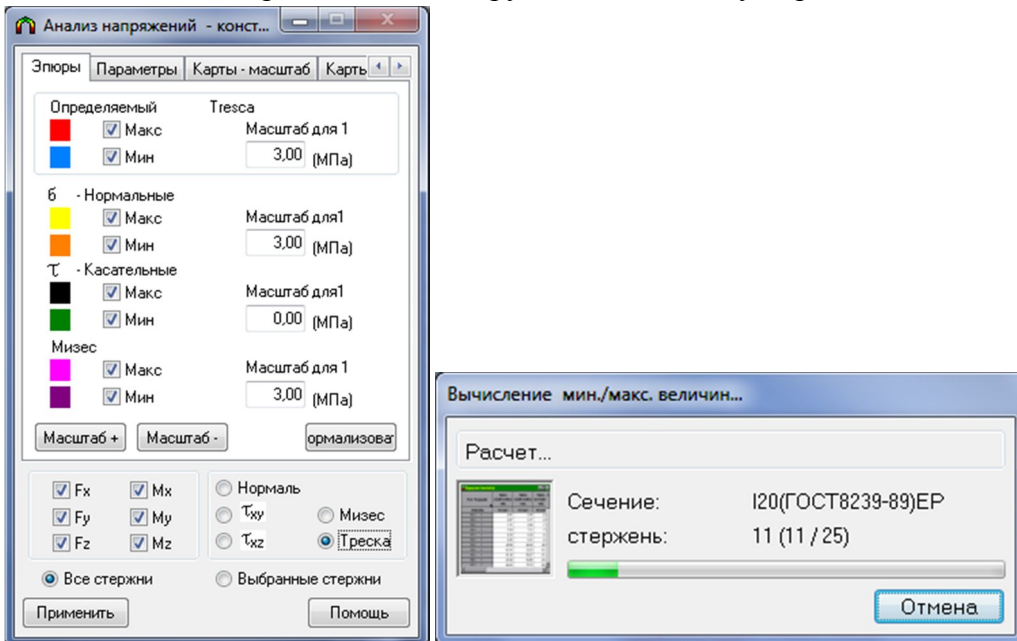
7. Так же поступайте и с другими вкладками, чтобы отобразить реакции опор. После анализа какого-нибудь параметра, отключайте его отображение, иначе будет происходить наложение эпюр и прогибов



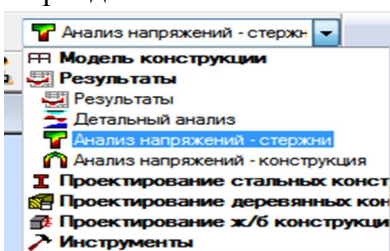
8. Теперь перейдите в окно «анализ напряжений – конструкция»



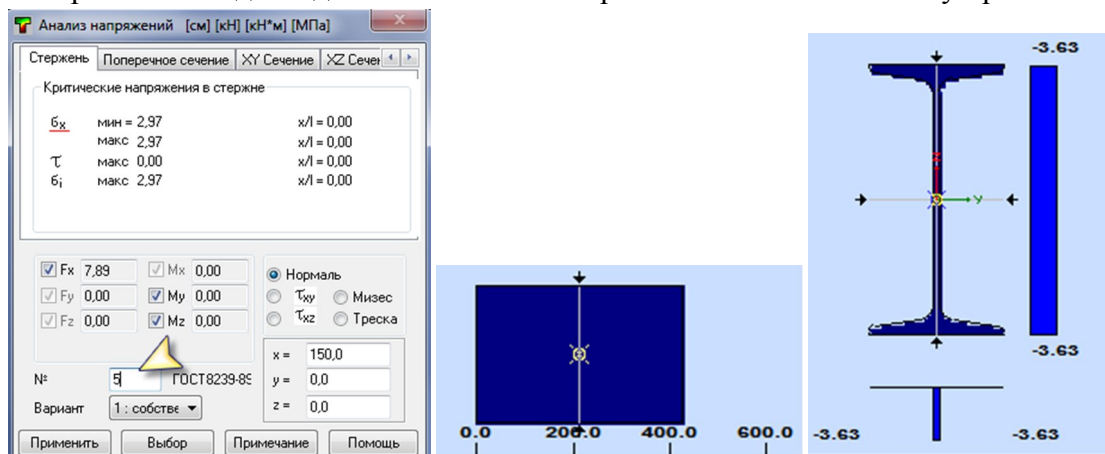
9. Здесь происходит дополнительный расчёт по напряжениям. Отметьте все параметры в окне «анализ напряжений – конструкция» и клавишу «применить»



10. Перейдите в окно «анализ напряжений – стержни»

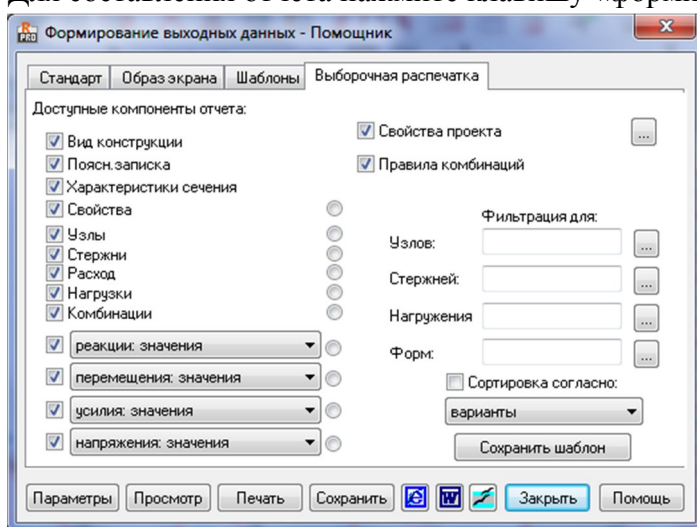


- В окне «анализ напряжений – стержни» главное указать номер стержня, для которого необходимо детально выполнить расчёт. Нажмите клавишу применить

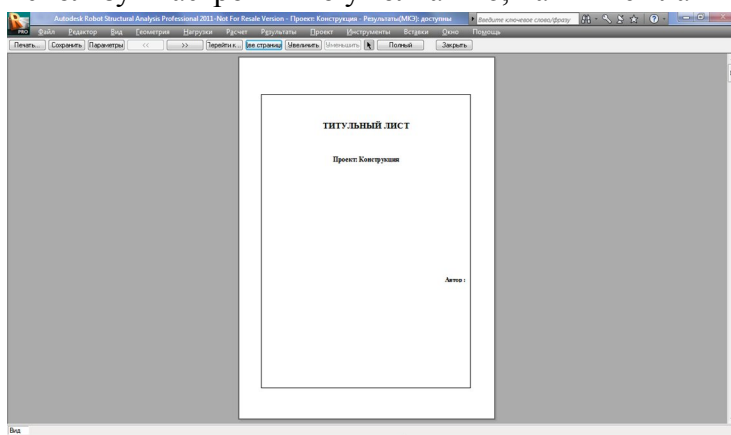


## 6. Составление отчёта. Сохранение и печать

- Для составления отчёта нажмите клавишу «формирование отчёта» 



- В данном окне возможно изменять шаблоны отчёта, типы выходных данных, отображением элементов. Далее будем рассматривать окно подробнее. Пока, используя настройки по умолчанию, нажмите клавишу «просмотр»



Для печати нажмите клавишу «печать». Для сохранения нажмите клавишу «сохранить»

### 3. Работа с конструкцией проекта. Редактирование расчетной схемы.

#### Подбор сечений из металлопроката

##### Содержание

1. Создание расчётной схемы из библиотечных элементов
2. Работа с несколькими файлами
3. Добавление, удаление и изменение элементов
4. Расчёт. Просмотр результатов
5. Подбор сечения
6. Проектирование узлов
7. Координация чертежей. Формирование пояснительной записки

*«Металл узнается по звону, а человек — по слову»*

*Грасиан-и-Моралес*

##### Условные обозначения:

ЛКМ – левая кнопка мыши

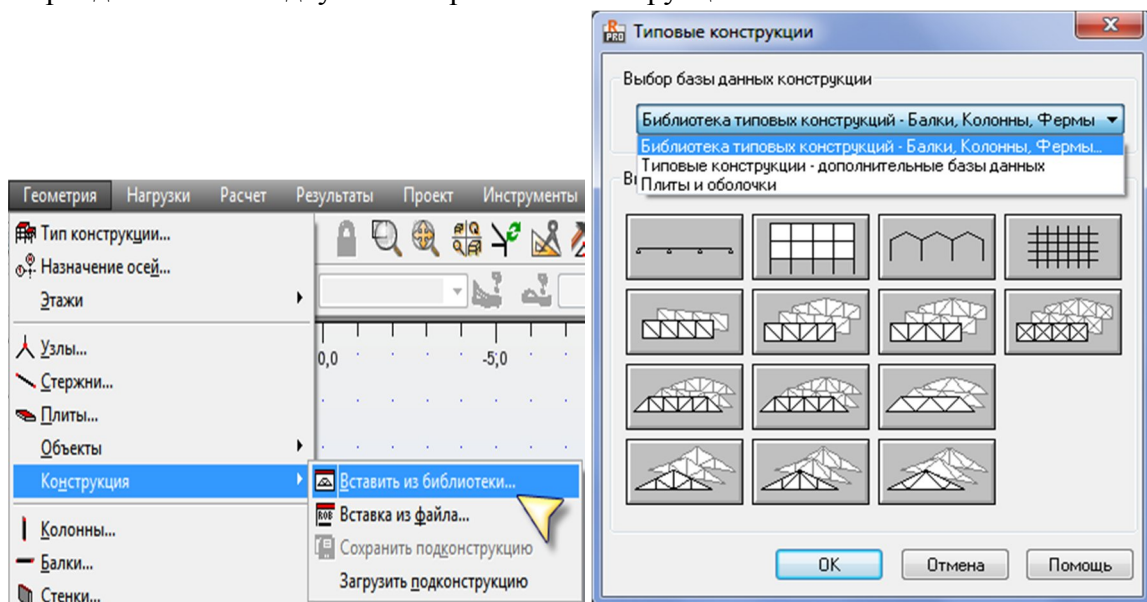
ПКМ – правая кнопка мыши


#### 1. Создание расчётной схемы из библиотечных элементов

Металлы (название происходит от лат. metallum — шахта, рудник) — группа элементов, обладающая характерными металлическими свойствами, такими как высокая тепло- и электропроводность, положительный температурный коэффициент сопротивления, высокая пластичность и др.

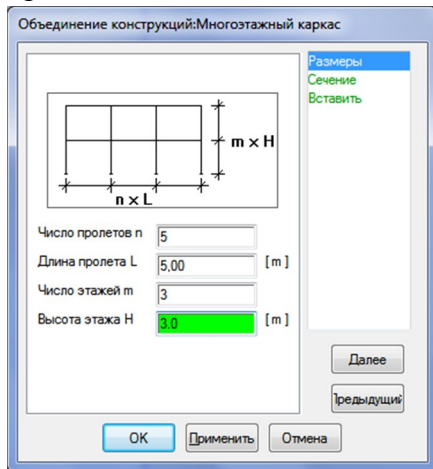
Последовательность действий далее будет описываться сокращённо. Для подробной информации смотрите раздел 2.


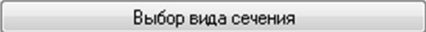
1. Откройте программу Robot. Выберите тип конструкции – оболочка
2. Перейдите на вкладку Геометрия -> Конструкция -> Вставить из библиотеки

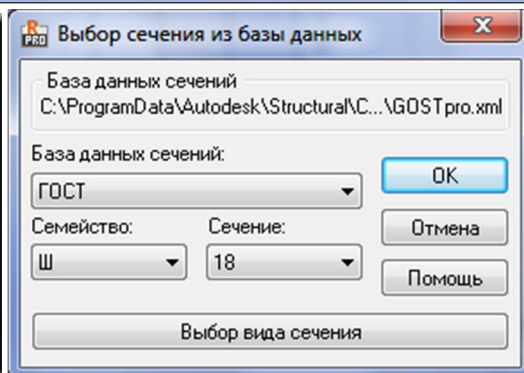
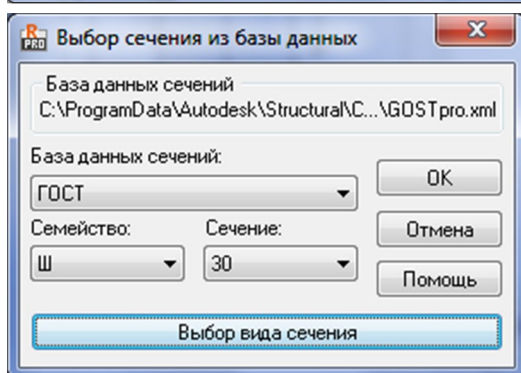
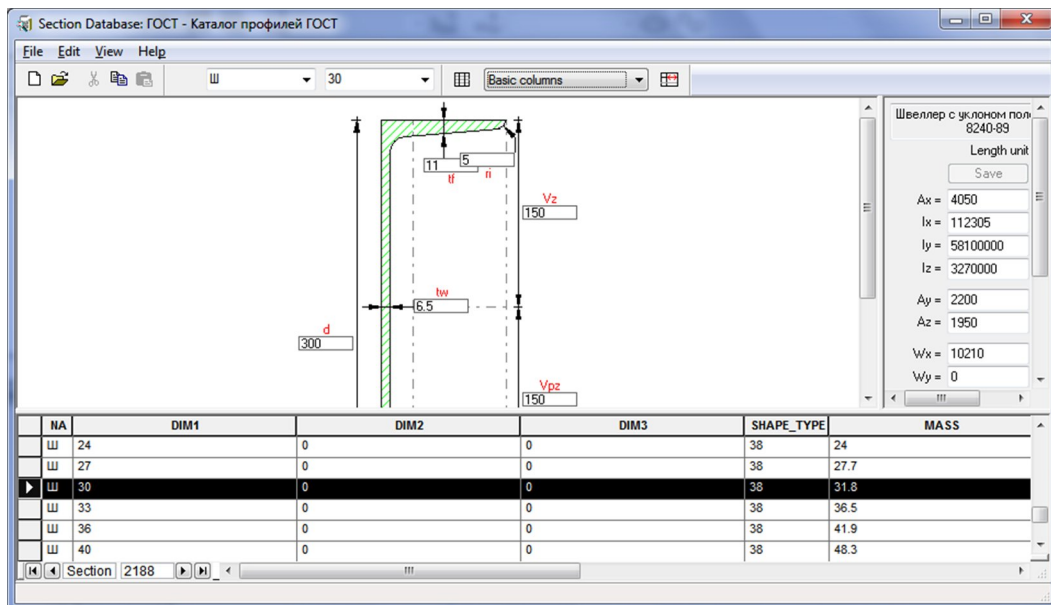


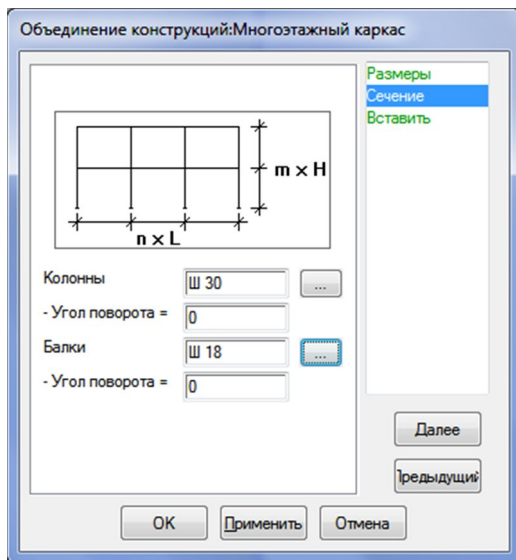
3. В раскрывающемся списке выберите «библиотека типовых конструкций – балки, колонны, фермы». Выберите тип  и нажмите клавишу «ок»

4. В открывшемся окне укажите следующие параметры: число пролетов  $n=5$ , длина пролёта  $L=5$ , число этажей  $m=3$ , высота этажа  $H=3$

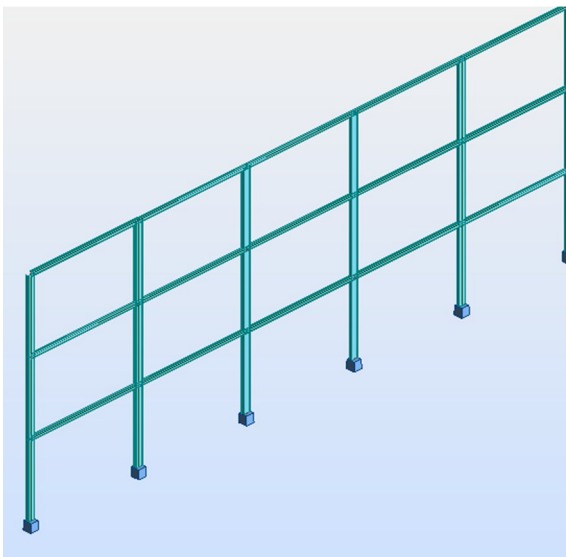
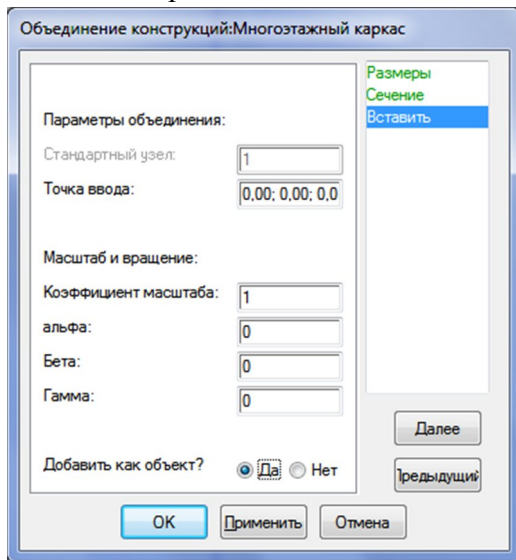


5. Перейдите на вкладку «сечения» и укажите параметры. Для выбора сечений необходимо нажимать клавишу . Подберите сечение колонн, указав базу ГОСТ, тип ШВ. Для более точного выбора сечений нажмите клавишу  и укажите следующий вид Ш30. Для балок укажите по базе данных ГОСТ тип Ш18.

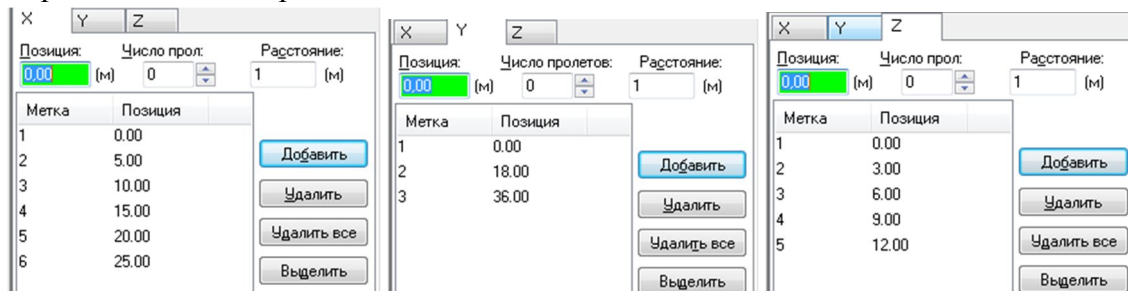


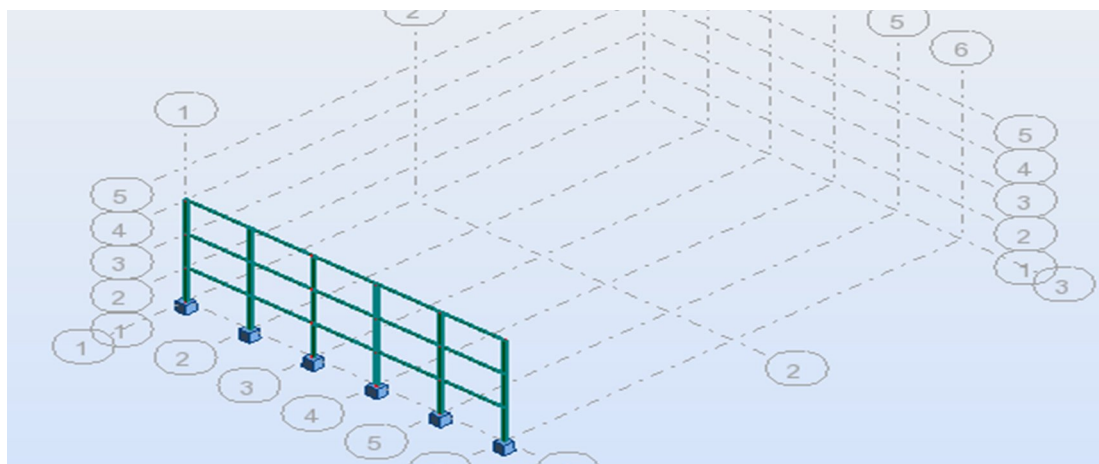


6. Перейдите на вкладку «вставить», где можно установить параметры установки элементов в проект. Воспользуемся параметрами по умолчанию и нажимаем клавиши «применить» и «ок».

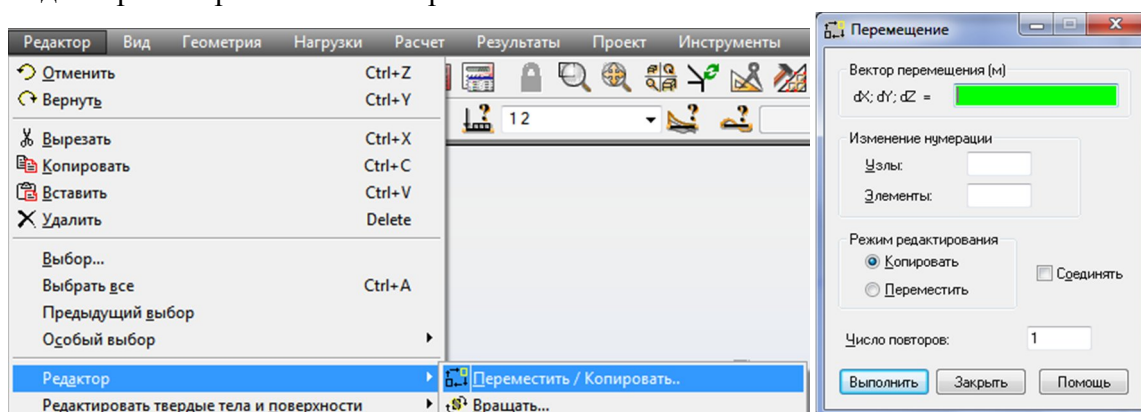


7. На правой боковой панели инструментов нажмите клавишу «назначение осей» и введите данные : для X – начальная точка 0,00, число продолжений 5, расстояние 5м (клавиша «добавить»); для Y – начальная точка 0,00, число продолжений 2, расстояние 18м (клавиша «добавить»); для Z – начальная точка 0,00, число продолжений 4, расстояние 3 м (клавиша «добавить»). Нажмите клавишу «применить» и «закреть».

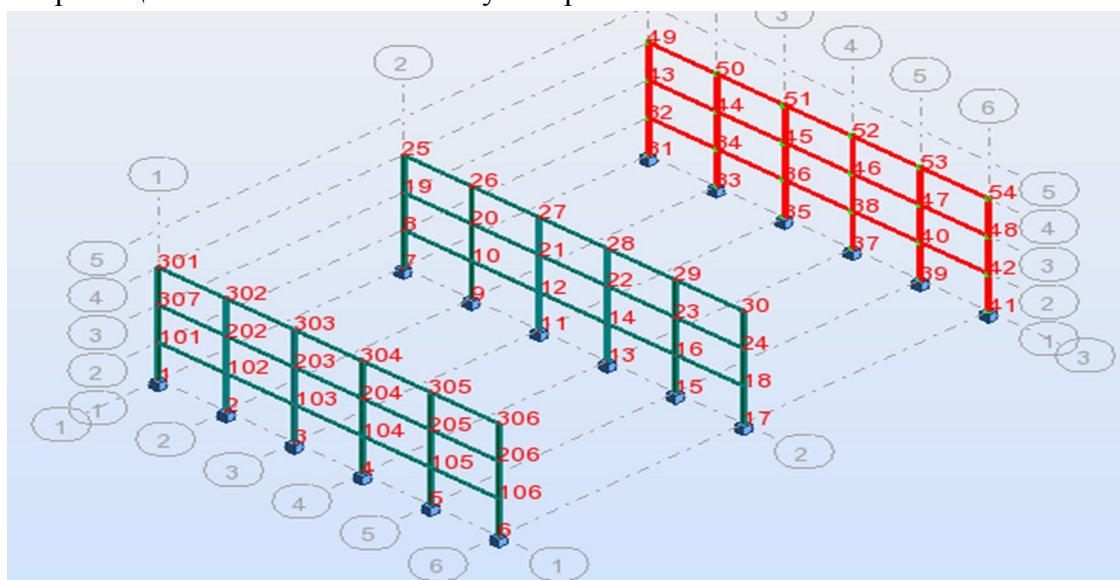




8. Выделите всю конструкцию на виде 3D и перейдите на вкладку Редактор -> Редактор -> Переместить/копировать.



9. Отметьте ЛКМ узел 6 на пересечении осей 6,1,1 и таким же образом нажмите на пересечении осей 6,2,1. Далее также отмечаем узел 17 на пересечении осей 6,2,1 вновь скопированной конструкции и копируем на дальний оси 6,3,1. В окне «перемещения» нажимаем клавишу «закреть»

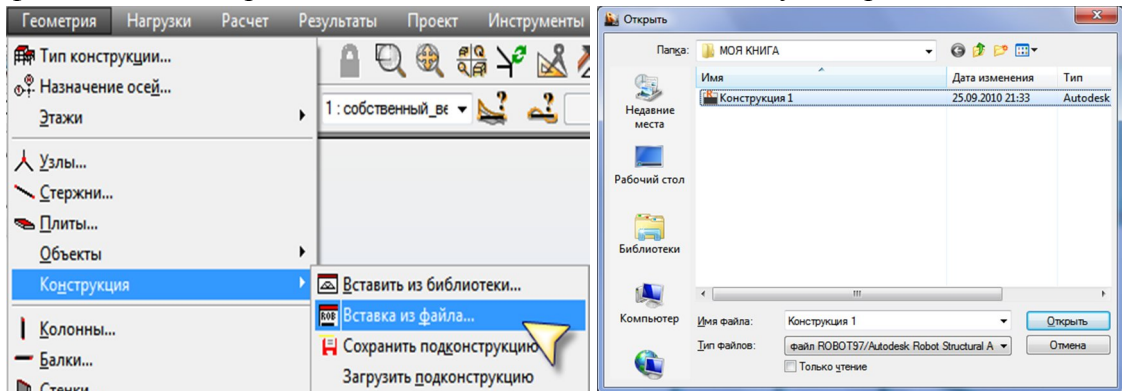


10. Перейдите на вид YZ

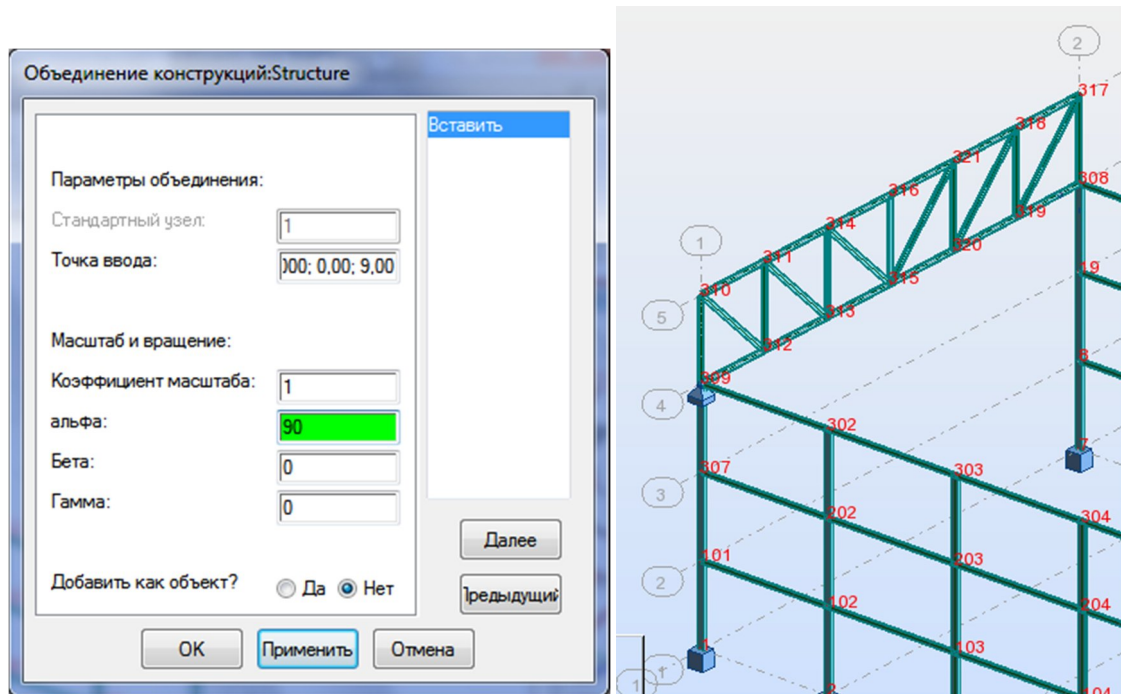


## 2. Работа с несколькими файлами

1. Перейдите на вкладку Геометрия -> Конструкция -> Вставка из файла. Выберите файл, созданный ранее во 2-ой главе, и нажмите клавишу «открыть»

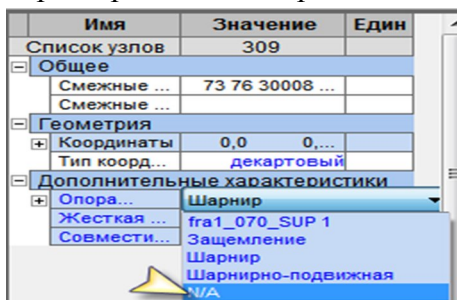


2. В открывшемся окне укажите точку вставки 0,00;0,00;9,00 и угол альфа 90 и нажмите клавиши «применить» и «ок»

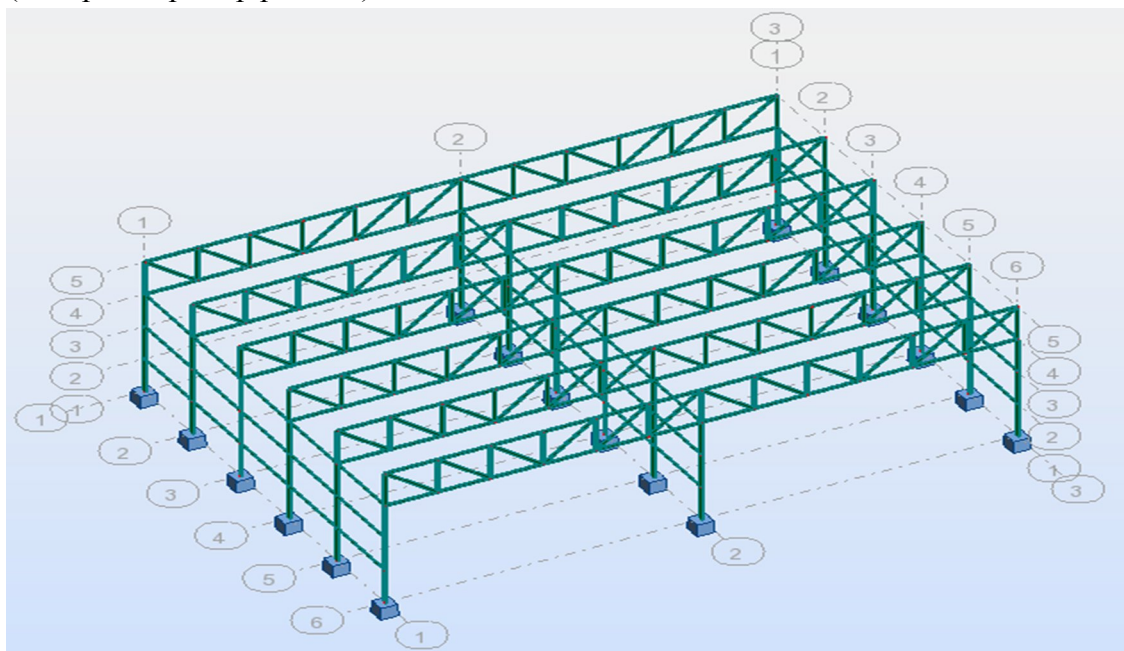


## 3. Добавление, удаление и изменение элементов


1. В прошлой главе для конструкции были заданы опоры, которые требуется убрать. Выделите узел 309 и в левой панели редактора в типе «дополнительные характеристики» выберите N/A. Так же обозначьте и узел 308

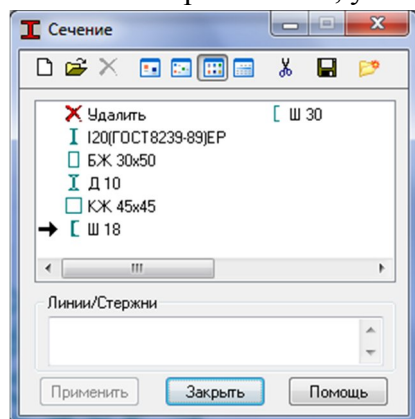


2. Выделите конструкцию верхней фермы скопируйте по все осям конструкции (смотрите пример раньше)

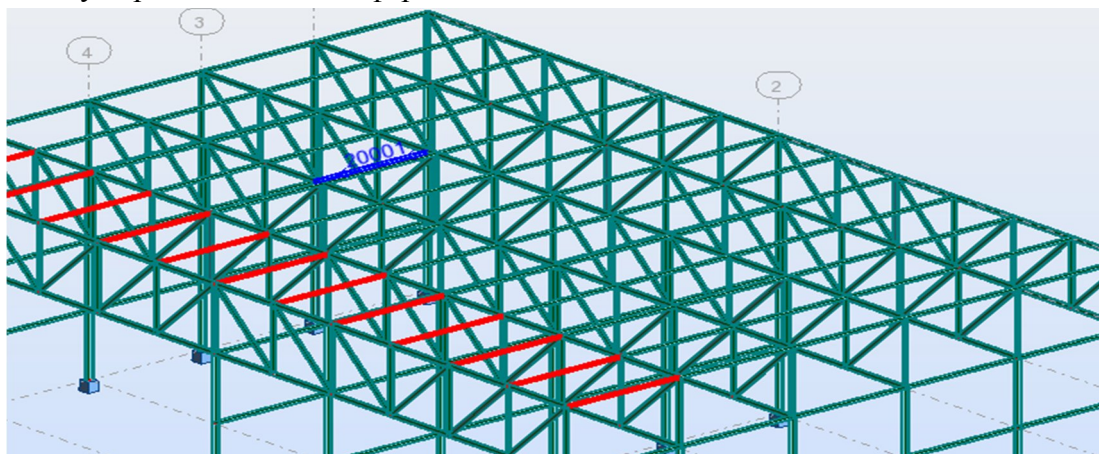


Обратите внимание, что Robot автоматически удаляет наложение типовых элементов (один из элементов)


3. Сверху на фермы уложим балки. Нажмите клавишу на правой панели инструментов «сечение стержня» , укажите тип Ш18 и нажмите клавишу «заккрыть»

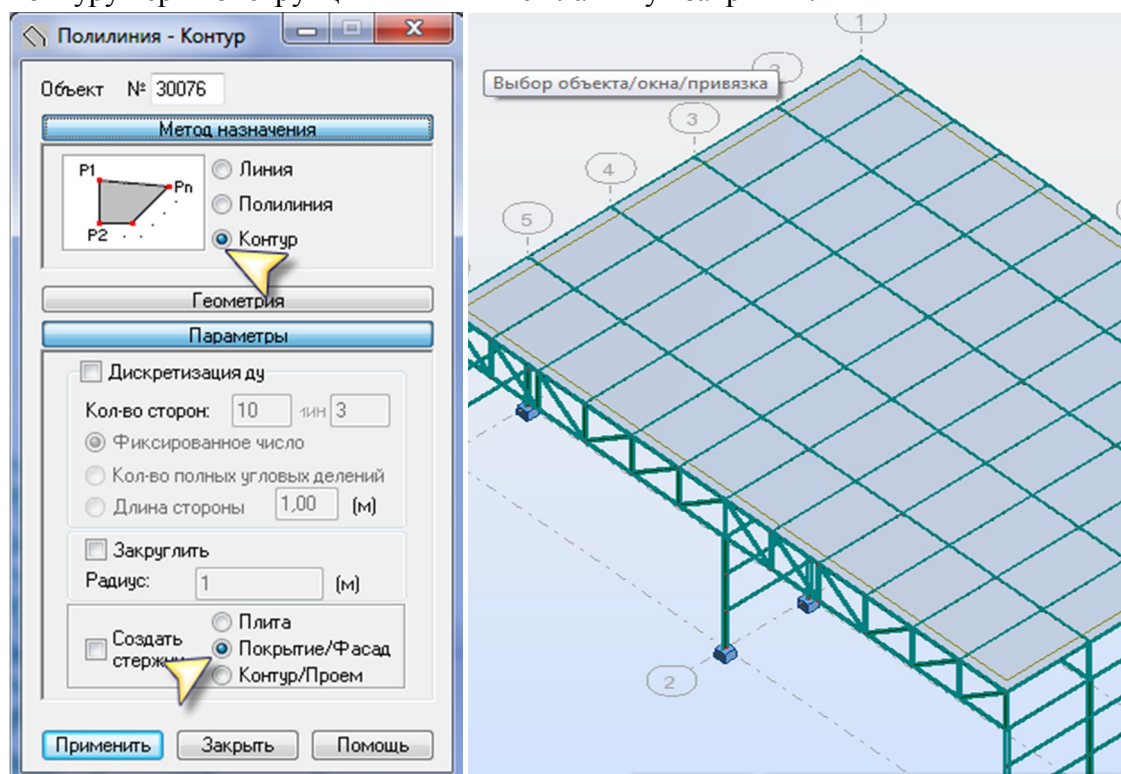


4. Нажмите на правой панели инструментов ЛКМ «стержни» , разложите стержни между верхними поясами фермы

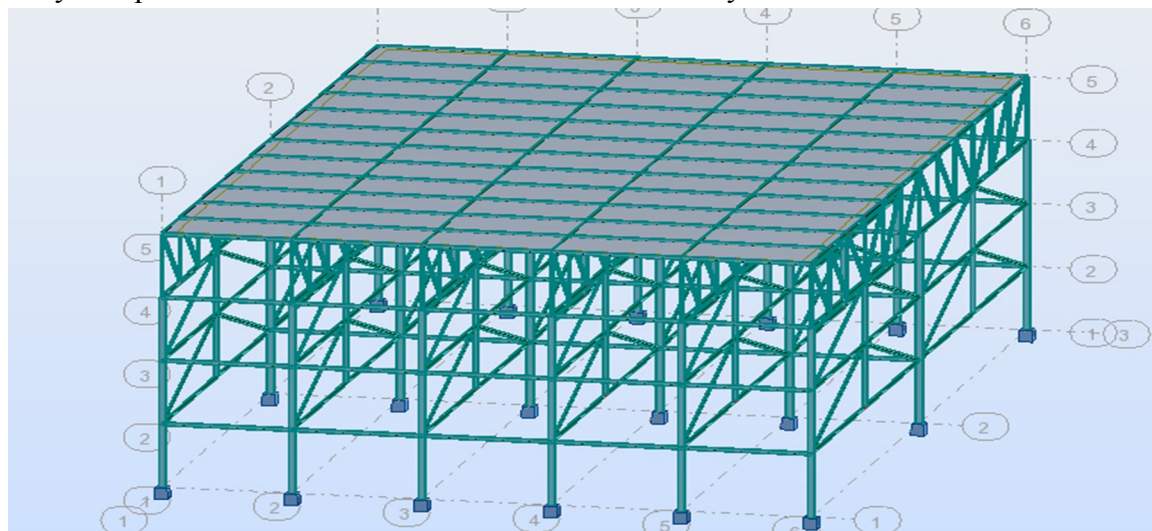



используйте все доступные средства, облегчающие проектирование.

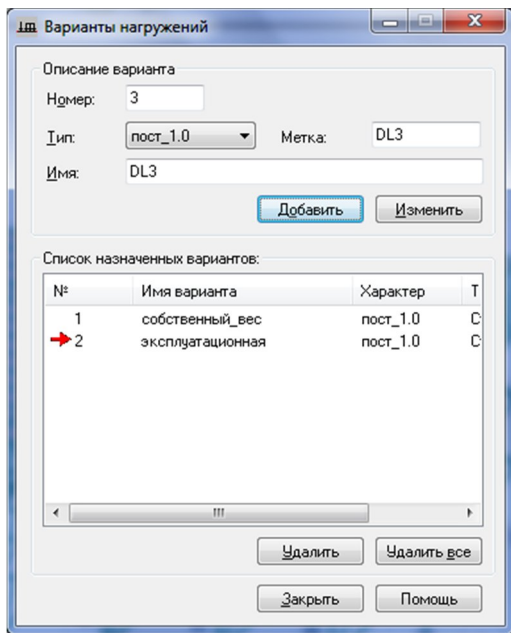
5. Далее сделаем покрытие для конструкции. Нажмите клавишу «полилиния-контур» на правой боковой панели инструментов . В открывшемся окне установите метод назначения – контур, в параметрах – покрытие/фасад. Отметте поочередно по контуру верх конструкции и нажмите клавишу «заккрыть».





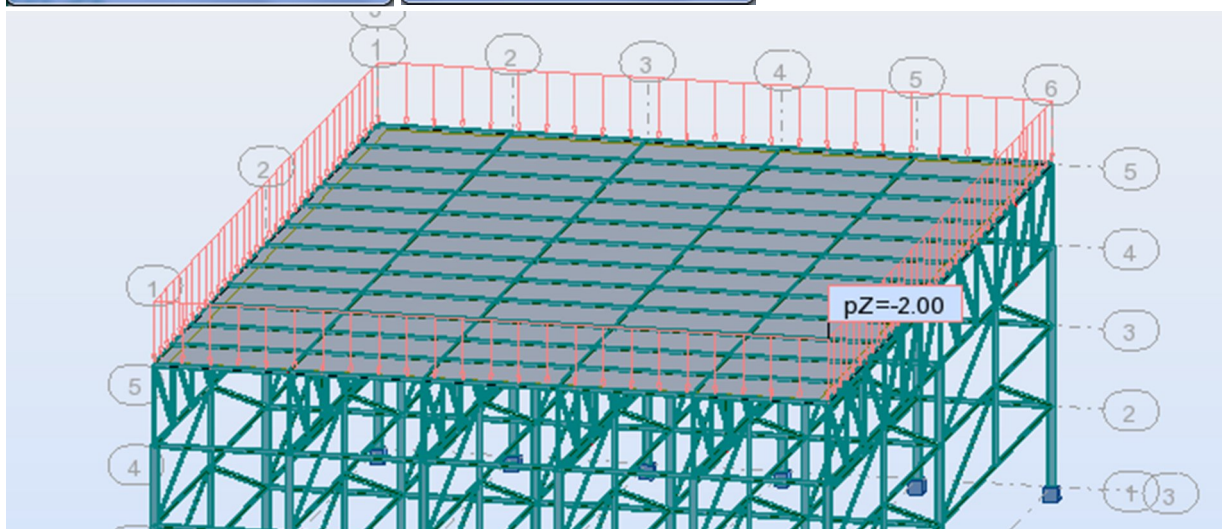
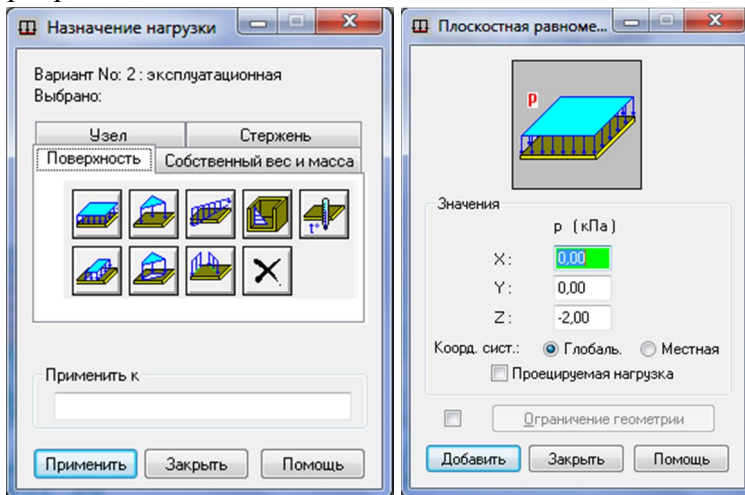
6. На усмотрения добавьте дополнительные связи между объектами



7. Создайте нагрузку от собственного веса и эксплуатационную нагрузку. Нажмите на правой боковой панели «варианты нагружений» . В открывшемся окне удалите снеговую нагрузку и создайте нагрузку с именем «эксплуатационная». Нажмите клавишу «заккрыть».

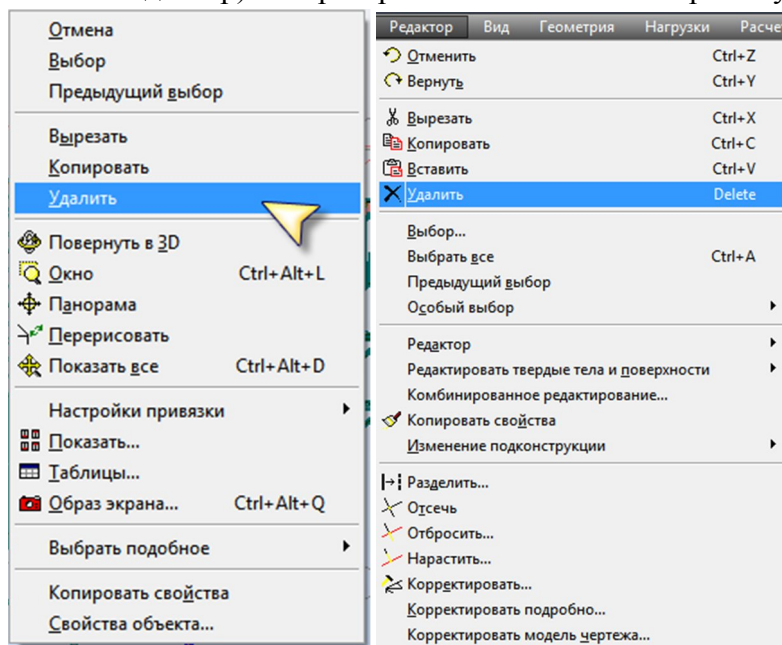


8. Нажмите на правой панели инструментов «назначение нагрузки» . Перейдите на вкладку «поверхность» и выберите нагрузку «распределенная плоскостная нагрузка» . Отметте в новом окне в направлении  $Z = -2,00$  кПА. Нажмите клавишу «добавить» и «закреть». Выделите верхнее покрытие, нажав ЛКМ на его ребре.



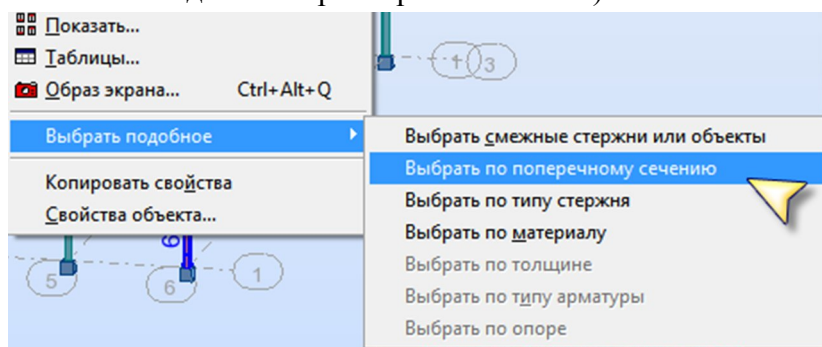
При работе с моделью постоянно возникают случаи, когда необходимо удалить, заменить или отредактировать элемент. Для удаления элемента, можно воспользоваться следующими методами:

- Выделить элемент, или конструкцию и на клавиатуре нажать клавишу Del;
- Выделить элемент, или конструкцию, нажать ПКМ (или вкладка на верхней панели Редактор) и из раскрывшегося списка выбрать «удалить»



Обратите внимание, что элементы модели можно вырезать, копировать, вставлять в нужные места как в редактируемом проекте, так и в других проектах.

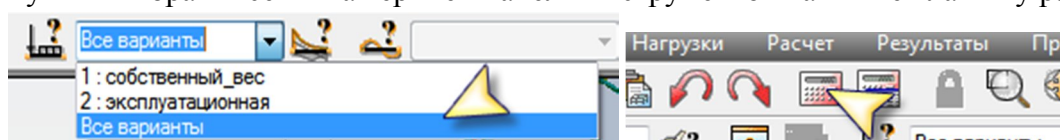
Для редактирования элемента его необходимо выделить (если редактируете группу элементов, можно выделить элемент, нажать ПКМ, из списка отметить «выбрать подобное» и отметить необходимый параметр зависимости).



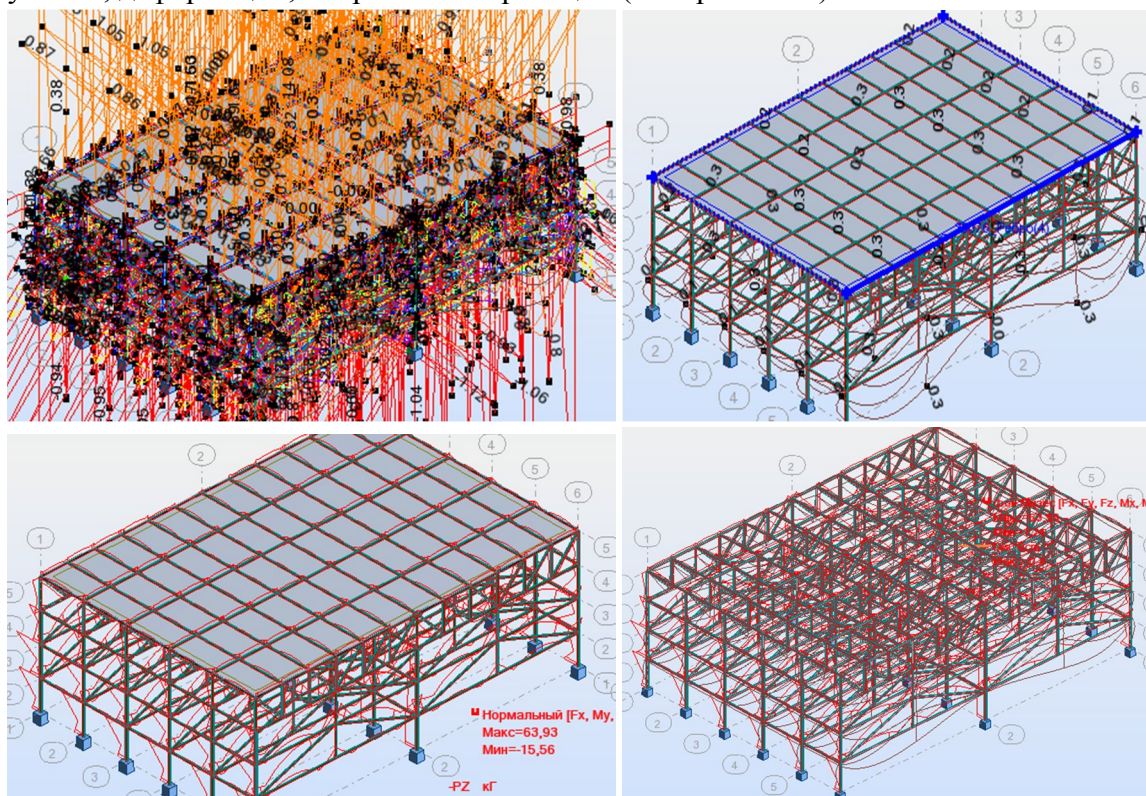
Потом выбирайте необходимые опции для редактирования. Вы можете изменить материал, сечение, геометрию, расположение в пространстве, ориентацию, закрепление и др.

#### 4. Расчет. Просмотр результатов

1. После задания нагрузок на конструкцию, в окне управления нагрузками выберите пункт «выбрать все» и на верхней панели инструментов нажмите клавишу расчет

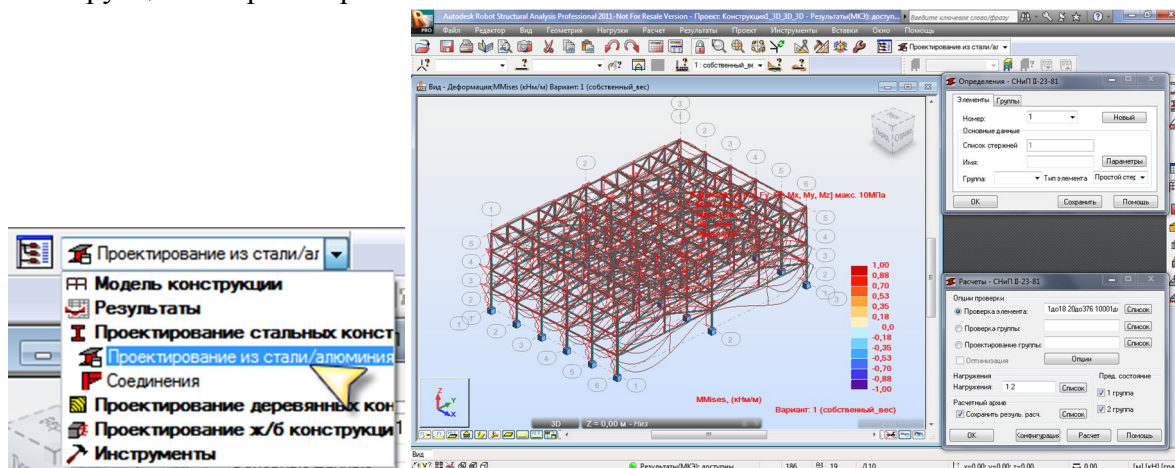


- После расчёта перейдём на вкладку результаты и посмотрим все необходимые усилия, деформации, напряжения и реакции (смотрите гл.2)

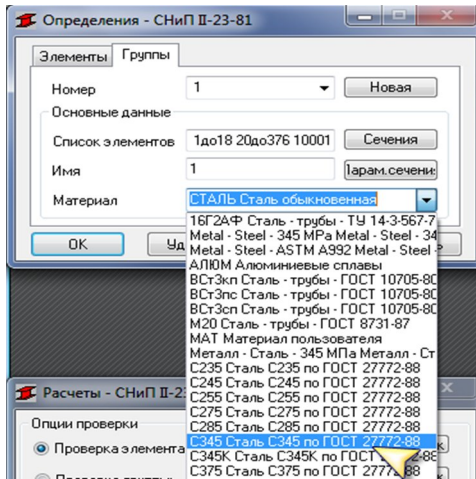


## 5. Подбор сечения

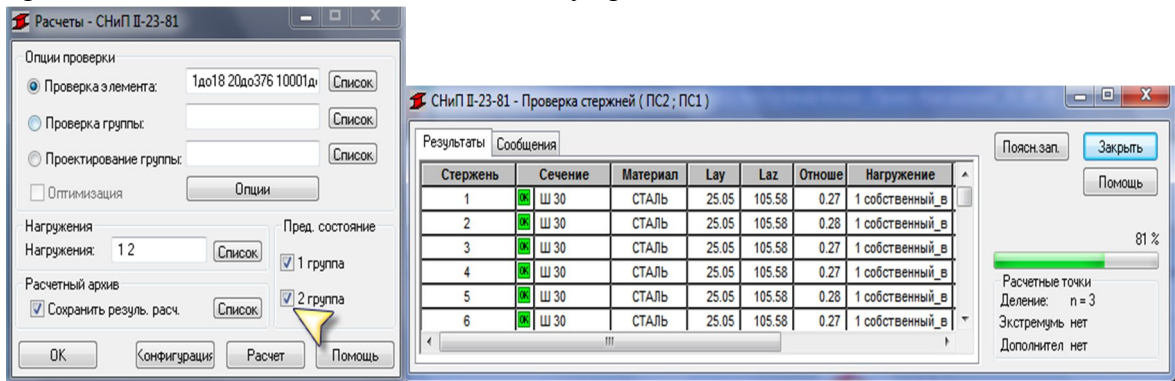
- Для проектирования металлических конструкций необходимо быть уверенным в правильности подобранного сечения. Откройте вкладку проектирование стальных конструкций -> проектирование из стали/алюминия



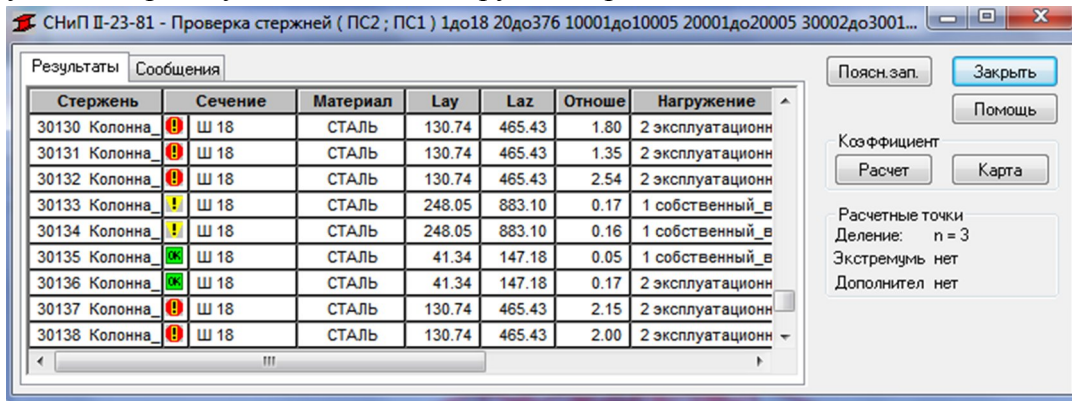
- Обратите внимание, что расчёты по умолчанию проводятся по СНиПу. В окне «определения – СНиП II-23-81» перейдите на вкладку «группы». Напротив параметра «номер» нажмите клавишу «новая». Для обозначения количества элементов выделите всю конструкцию (номера встанут автоматически). Имя можете задать любое. Материал по умолчанию – сталь обыкновенная (С235), к примеру, необходима сталь С345 (выбрать в раскрывающемся меню). Нажмите клавишу «применить» и «ок».



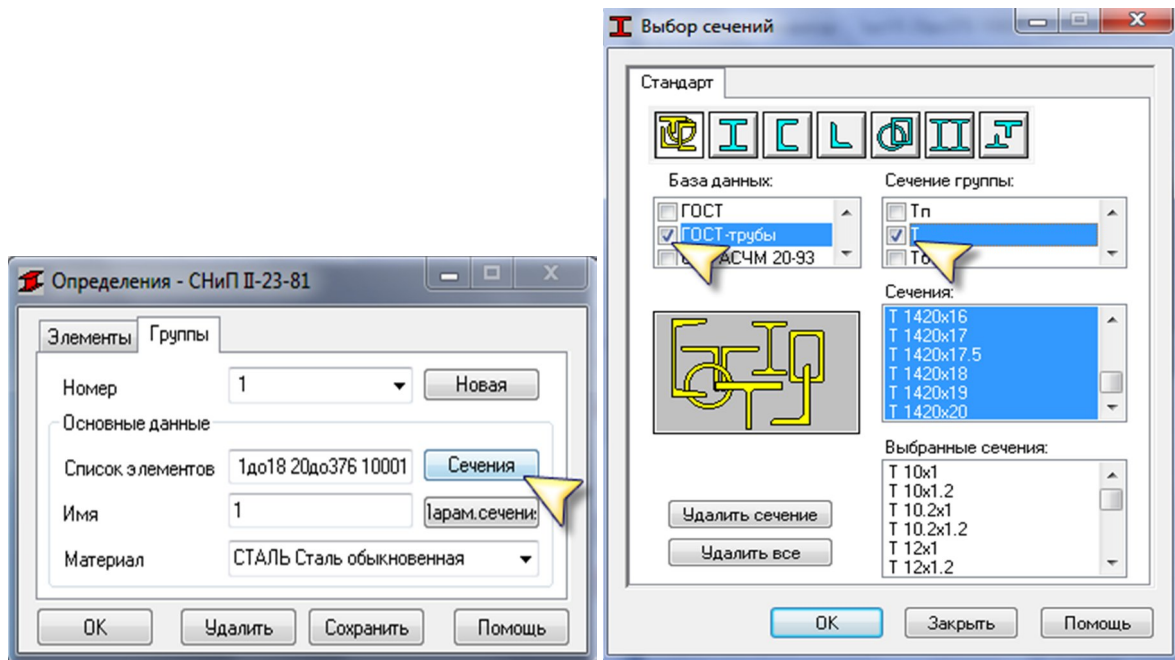
3. Далее переходим в окно «расчеты – СНИП II-23-81». Для начала проверим наши сечения. Отметьте пункт «проверка элемента», поставьте галочку на 2-х группах предельных состояний. Нажмите клавишу «расчет»



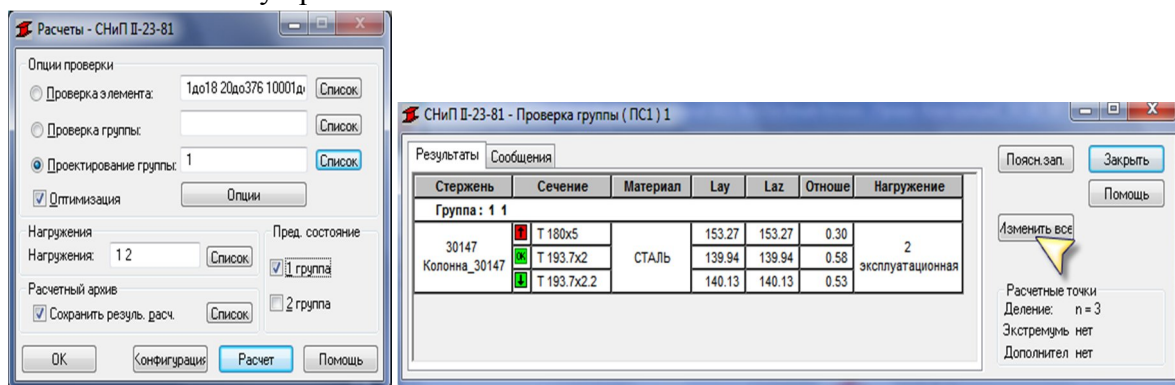
4. Пропускаем данные до конца. Далее увидим, что некоторые сечения не удовлетворяют условиям 1 или 2 группам предельных состояний



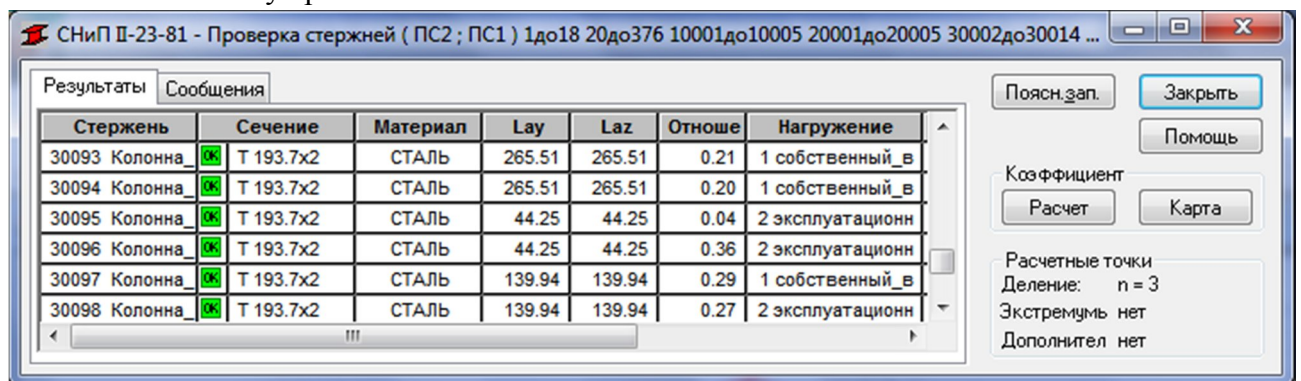
5. Предположим, что теперь необходимо изменить сечения с прокатного профиля на трубы. В окне «определения – СНИП II-23-81» во вкладке «группы» напротив параметра «список элементов» нажмите клавишу «сечения». В новом окне «выбор сечений» в категории «база данных» выберите пункт «ГОСТ – трубы». Далее в категории «сечение группы» будет предложено выбрать тип сортамента. В данном окне выберете «Т» и нажмите клавишу «ок» и «закрыть».



6. Далее в окне «расчёты – СНиП II-23-81» отмечаем параметр «проектирование группы». Пишем в окне название группы. Отмечаем параметр «оптимизация» и нажимаем клавишу «расчет»



7. В окне «СНиП II-23-81 – проверка группы» нажимаем клавишу «изменить всё». На восклицание Robot отвечаем положительно и заново на верхней панели инструментов нажимаем клавишу «расчет»
8. Теперь проверим элементы на 2 группы предельных состояний. В окне «расчеты – СНиП II-23-81» отмечаем параметр «проверка элемента» и отмечаем 2 группы ПС. Нажимаем клавишу «расчёт»



Видно, что все сечения подобраны оптимально под нагрузку. В данном примере для всех стержней выбирали один тип сортамента, хотя возможно для каждого стержня в

отдельности, или группы стержней создать и подобрать отдельное сечение. Для этого необходимо создавать группы элементов в окне «определения – СНиП II-23-81» и в окне «расчеты – СНиП II-23-81» по отдельности рассчитывать каждую группу.

- Для просмотра результата расчета каждого стержня, его необходимо выделить с окне «СНиП II-23-81 – проверка стержней» и перед вами откроется окно «результаты – нормы – СНиП II-23-81». Нажмите на клавишу «поясн.зап.» и перед вами откроется текстовый документ со всеми параметрами сечения и формулами расчета.

**СНиП II-23-81 - Проверка стержней ( ПС2 ; ПС1 ) 1до18 2до376 10001до10005 20001до20005 30002до30014 ...**

Стержень	Сечение	Материал	Lay	Laz	Отноше	Нагружение
30093 Колонна	T 193.7x2	СТАЛЬ	265.51	265.51	0.21	1 собственный_в
30094 Колонна	T 193.7x2	СТАЛЬ	265.51	265.51	0.20	1 собственный_в
30095 Колонна	T 193.7x2	СТАЛЬ	44.25	44.25	0.04	2 эксплуатационн
30096 Колонна	T 193.7x2	СТАЛЬ	44.25	44.25	0.36	2 эксплуатационн
30097 Колонна	T 193.7x2	СТАЛЬ	139.94	139.94	0.29	1 собственный_в
30098 Колонна	T 193.7x2	СТАЛЬ	139.94	139.94	0.27	2 эксплуатационн

**РЕЗУЛЬТАТЫ - Нормы - СНиП II-23-81**

Стержень: 30094 Колонна\_30094  
 Точка/Координата: 1 / x = 0.00 L = 0.00 м  
 Вариант нагружения: 1 собственный\_вес

Сокращенные результаты | **Перемещения** | Подробные результаты

**ВНУТРЕННИЕ УСИЛИЯ И КОЭФФИЦИЕНТЫ**  
 N = -8.01 кН    Mu = -2.02 кН\*м    Mz = -0.08 кН\*м    Qu = -0.02 кН    Qz = 1.28 кН

**НАПРЯЖЕНИЕ В РАСЧЕТНОМ СЕЧЕНИИ**  
 SigN = -6.65 МПа    SigMy = -35.35 МПа    SigMz = 1.32 МПа    Ty,max = -0.03 МПа    Tz,max = 2.13 МПа  
 Ty,mid = -0.02 МПа    Tz,mid = 1.78 МПа

**УСТОЙЧИВОСТЬ ПРИ ИЗГИБЕ**  
 УСТОЙЧИВОСТЬ y     УСТОЙЧИВОСТЬ z

**ПРОВЕРКА СЕЧЕНИЯ**  
 $(N/An + My/Wyn + Mz/Wzn) / (Ry*gc1/gn) = 0.20 < 1.00$  [5.25-(50)]

**ПРОВЕРКА УСТОЙЧИВОСТИ ЭЛЕМЕНТА**  
 Lamy = 265.51 < Lamy,max = 400.00    Lamz = 265.51 < Lamz,max = 400.00

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

**НОРМЫ:** СНиП II-23-81\* Стальные конструкции.  
**ТИП РАСЧЕТА:** Проверка стержней

**ГРУППА:**  
**СТЕРЖЕНЬ:** 30094 Колонна\_30094    **ТОЧКА:** 1    **КООРДИНАТА:** x = 0.00 L = 0.00 м

**НАГРУЗКИ:**  
 Невыгодное нагружение: 1 собственный\_вес

**МАТЕРИАЛ**  
 СТАЛЬ  
 Ry = 215.00 МПа    Rs = 124.70 МПа    Ru = 375.00 МПа    E = 206000.00 МПа  
 gu = 1.30    gc1 = 1.00    gc2 = 1.00    gn = 1.00

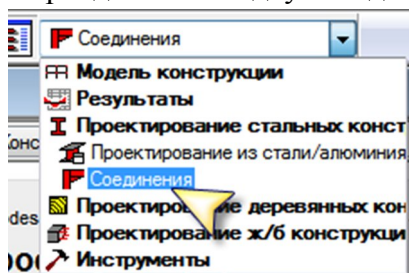
**ПАРАМЕТРЫ СЕЧЕНИЯ: T 193.7x2**  
 ht=19.4 см    Ay=7.22 см<sup>2</sup>    Az=7.22 см<sup>2</sup>    Ax=12.04 см<sup>2</sup>  
 bf=19.4 см    Iy=553.35 см<sup>4</sup>    Iz=553.35 см<sup>4</sup>    Ix=1106.71 см<sup>4</sup>  
 t=0.2 см    Wely=57.14 см<sup>3</sup>    Welz=57.14 см<sup>3</sup>

**ВНУТРЕННИЕ УСИЛИЯ И КОЭФФИЦИЕНТЫ**  
 N = -8.01 кН    Mu = -2.02 кН\*м    Mz = -0.08 кН\*м  
 Qu = -0.02 кН    Qz = 1.28 кН

**НАПРЯЖЕНИЯ В ХАРАКТЕРНЫХ ТОЧКАХ СЕЧЕНИЯ**

## 6. Проектирование узлов

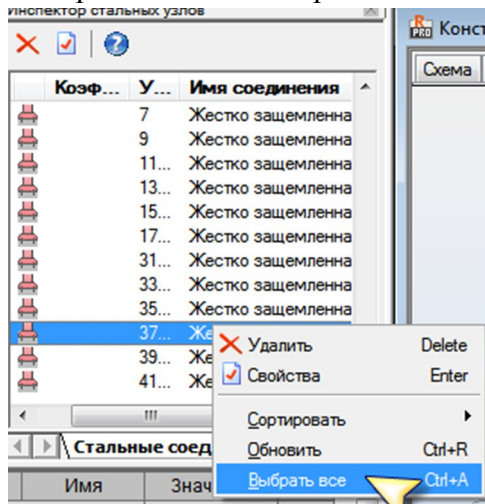
1. Перейдем на вкладку «соединения»



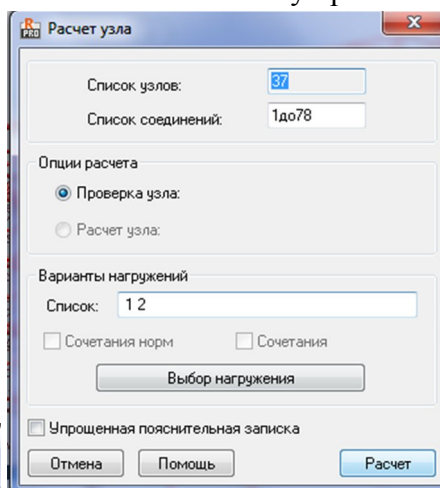
2. Выделим всю конструкцию и на верхней панели инструментов нажмём клавишу «создать новое соединение для выбранных стержней»



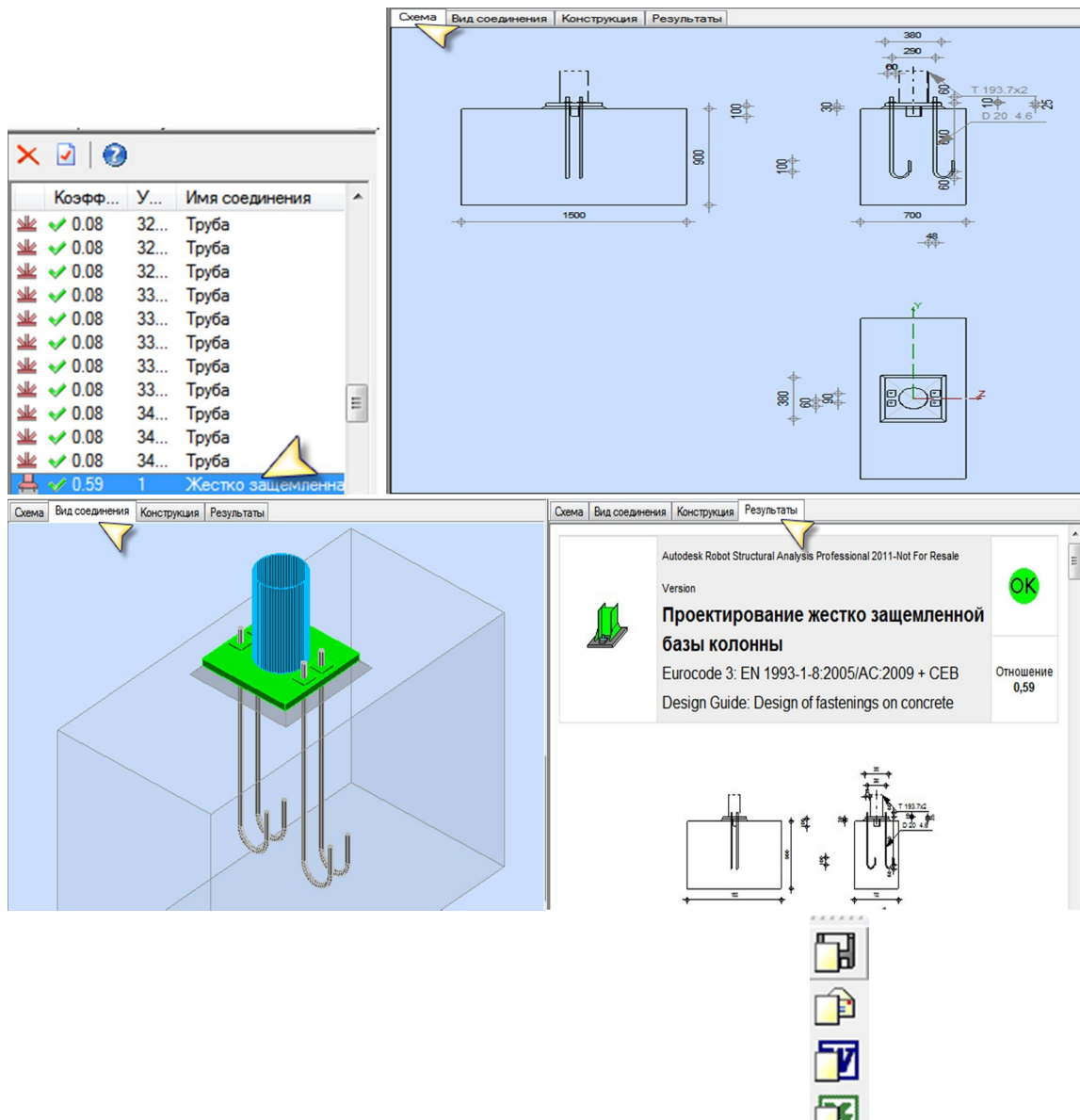
3. В левом диспетчере проекта выделите какое-нибудь соединение и нажмите ПКМ и выберите опцию «выбрать все»





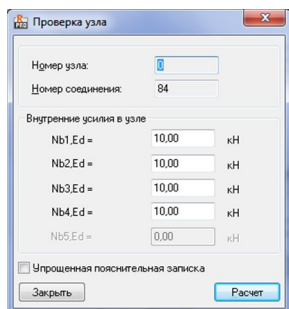
4. Возвращаемся на верхнюю панель инструментов и нажимаем клавишу «проект стальных узлов». В окне «расчет узла» нажимаем клавишу «расчет».

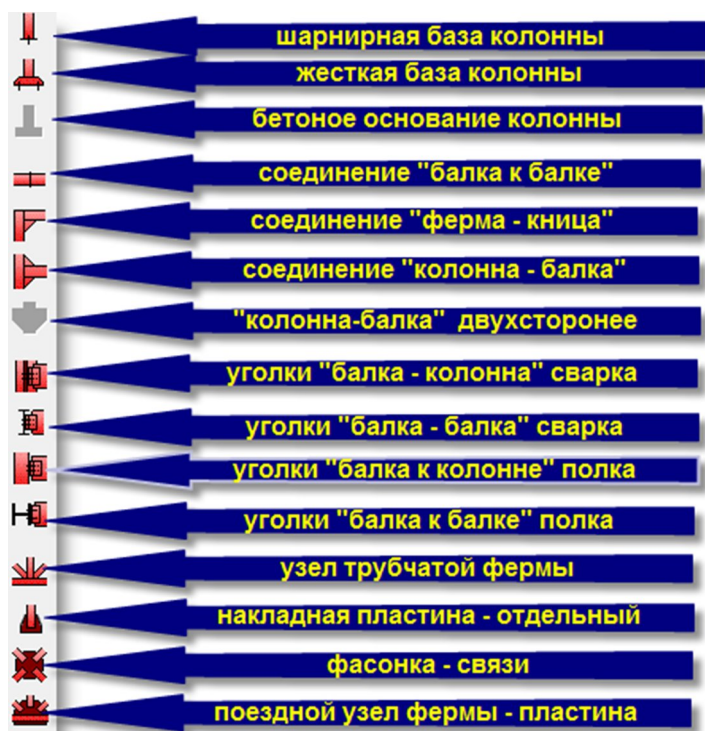


5. В левом диспетчере проектов можно выбрать любое соединение и просмотреть его характеристики (к примеру, база колонны)



6. На правой панели инструментов есть опции передачи данных . Нажмите «Экспорт в MS Word» и просмотрите полученные результаты. Есть недостаток: в Robot отсутствует полная база российских норм соединений, т.ч. расчет ведётся по еврокоду. Для более правильного отображения необходимо пользоваться AutoCAD Structural Detailing.
7. Выше был использован автоматический метод построения узлов. Можно и вручную построить каждый узел по-отдельности. На правой панели инструментов есть выбор типа узлов. Выбрав узел, необходимо его вручную рассчитать при помощи кнопки на верхней панели инструментов «ручной расчет узла» . В появившемся окне необходимо указать узел, для которого ведётся расчет

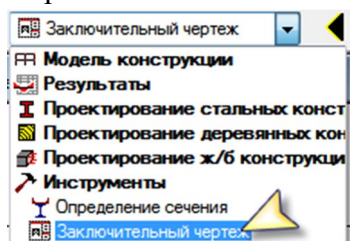




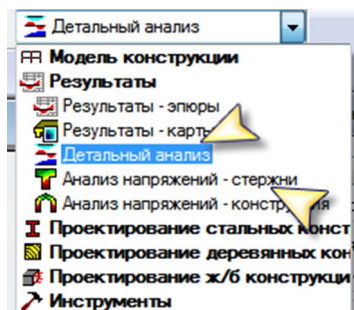
- Используя функции на верхней панели инструментов, узлы можно копировать, обновлять, переделывать.

## 7. Координация чертежей. Формирование пояснительной записки

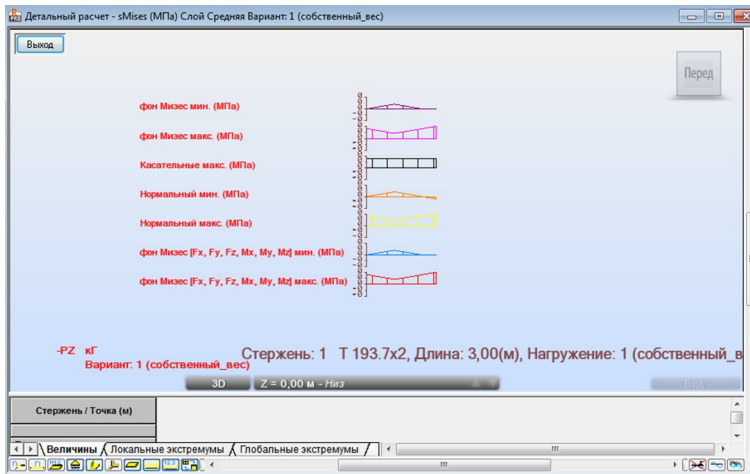
- Чертежи в программе Robot реализуются для сталей, армирования. Чертежи можно выразить в меню «заключительный чертёж»



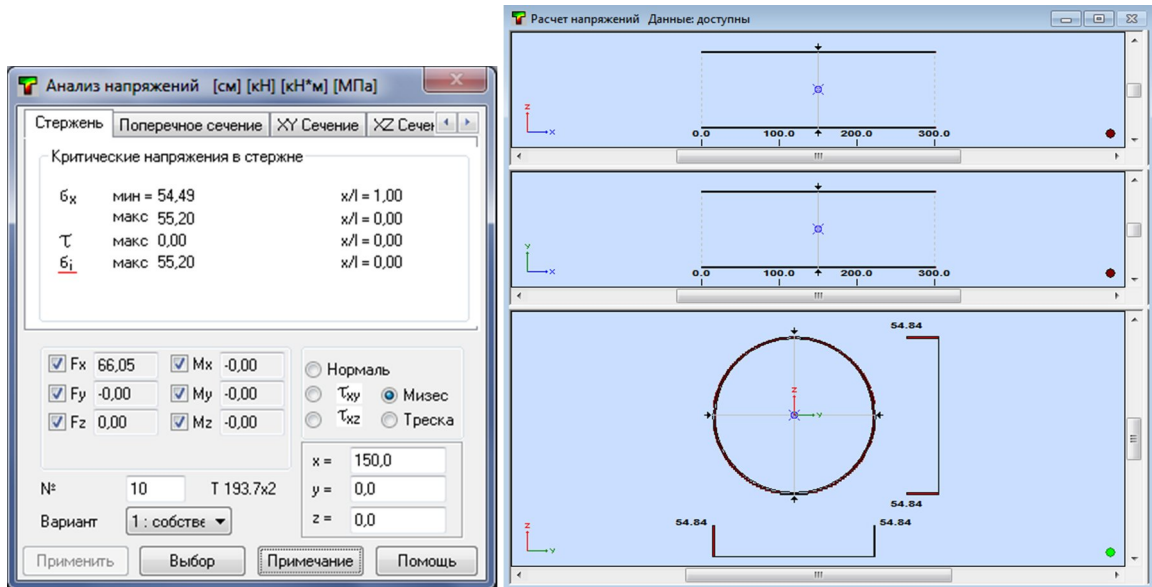
- Для составления пояснительной записки у каждого стержня, необходимо пользоваться меню «детальный анализ» и «анализ напряжений – стержни»



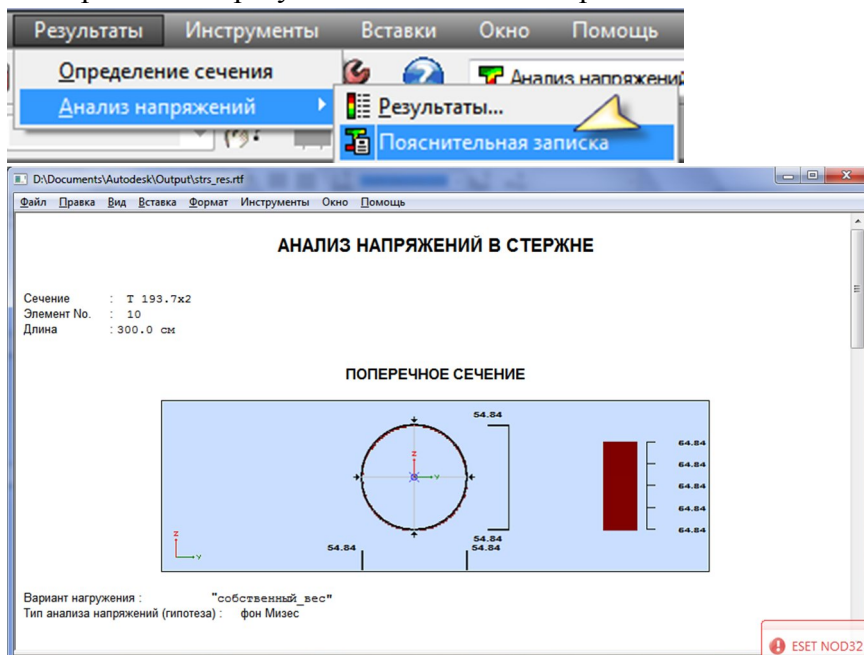
- Стандартными параметрами (меню детальный анализ) выбираем стержень и необходимые параметры, которые необходимо найти



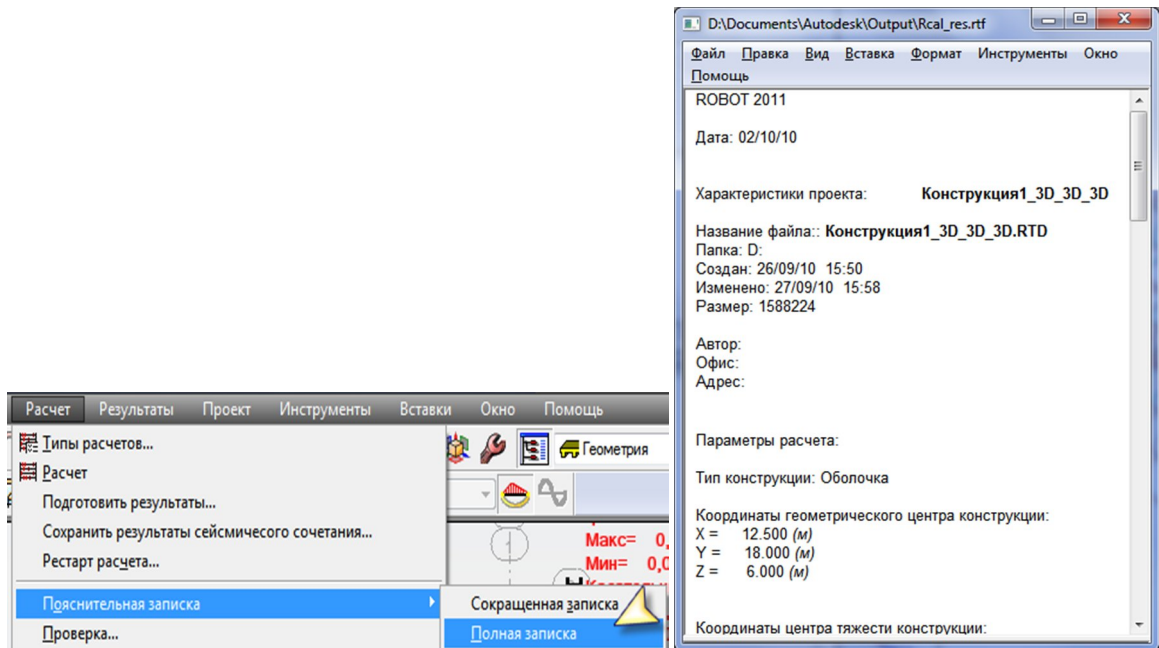
4. В меню «анализ напряжений стержни» можно получить распределение напряжений по сечению стержня. Выберите в окне «анализ напряжений» стержень №10 и обозначьте необходимые параметры и нажмите клавишу «применить»



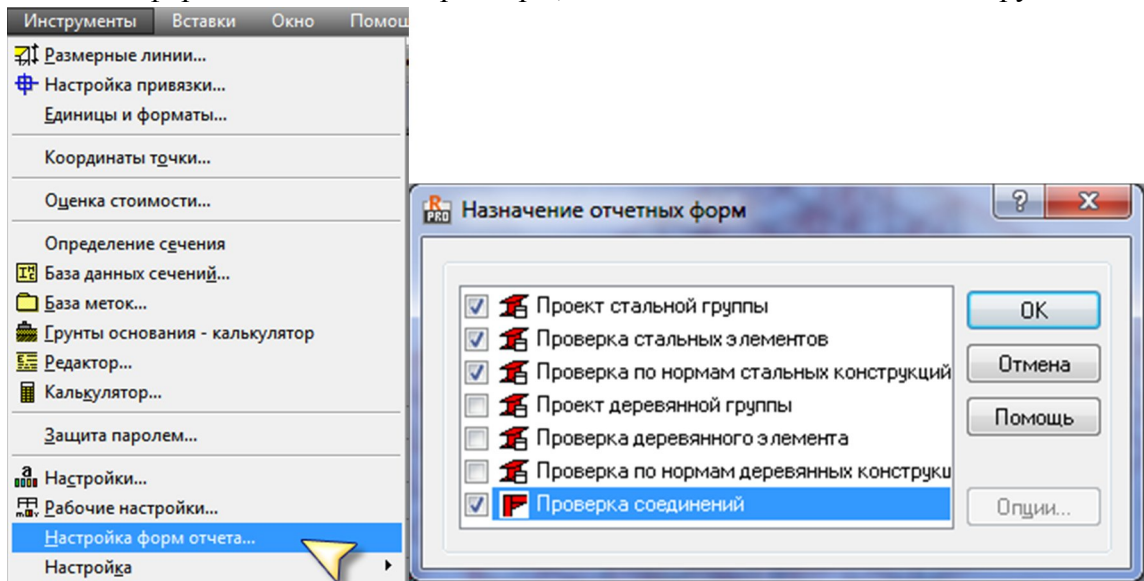
5. Выберите меню результаты -> анализ напряжений-> пояснительная записка




6. Сформируйте отчет. Используйте необходимые настройки. Вернитесь в меню «геометрия». Выберите меню результаты -> пояснительная записка -> полная записка.

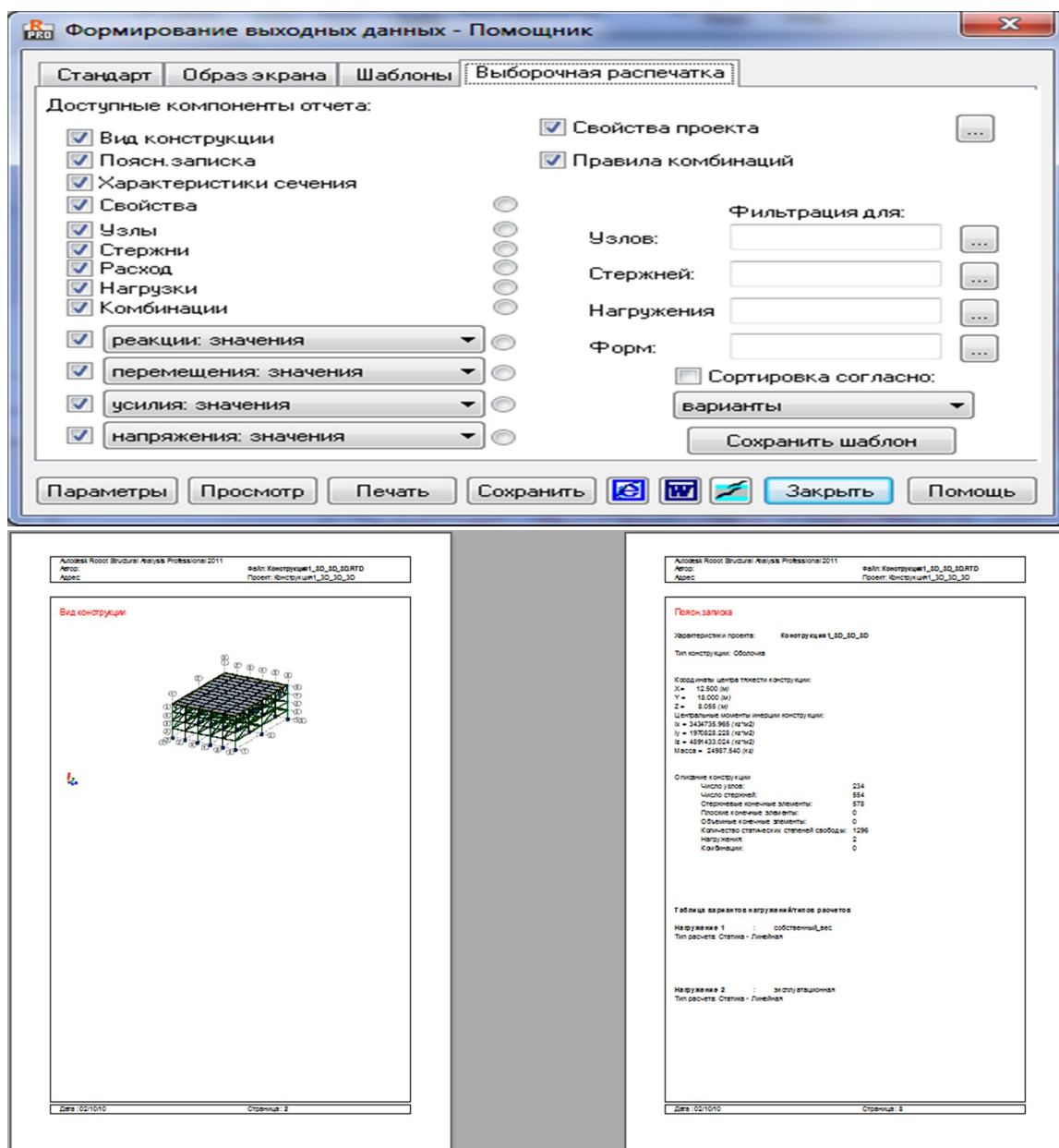


7. Готовый отчет не будет полностью сформирован без некоторых настроек. Перейдите в меню инструменты -> настройка форм отчета и в окне «назначение отчетных форм» отключите все параметры, относящихся к стальным конструкциям



нажмите клавишу «ок».

8. На верхней панели инструментов выберите опцию «формирование отчета» . В окне «формирование выходных данных – помощник» отметьте все необходимые данные и нажмите клавишу «просмотр». Далее отчет можно сохранить, напечатать, конвентировать.



Итак, мы рассмотрели основные функции проектирования и расчета конструкций из металлопроката. Далее мы рассмотрим проектирование конструкций из железобетона и комбинированных конструкций из металла, бетона и дерева.

## 4. Расчёт железобетонных конструкций

### Содержание

1. История возникновения железобетона
2. Запуск программы Robot. Создание разбивочных осей
3. Проектирование колонн, балок, плит
4. Создание подстилающего слоя (грунты)
5. Нагружение схемы, расчет, результаты
6. Теоретическое армирование
7. Фактическое армирование. Чертежи. Отчет.

*«Конструкция рождает форму»*

#### **Условные обозначения:**

ЛКМ – левая кнопка мыши

ПКМ – правая кнопка мыши

### **1. История возникновения железобетона**

Возникновение и развитие строительных конструкций, в том числе железобетонных, неразрывно связано с условиями материальной жизни общества, развитием производительных сил и производственных отношений. Появление железобетона совпадает с периодом ускоренного роста промышленности, торговли и транспорта во второй половине XIX в., когда возникла потребность в строительстве большого числа фабрик, заводов, мостов, портов и других сооружений. Технические возможности производства железобетона к тому времени уже имелись — цементная промышленность и черная металлургия были достаточно развиты.

Период возникновения железобетона (1850—1885 гг.) характеризуется появлением первых конструкций из армированного бетона во Франции (Ламбо, 1850 г.; Кунье, 1854 г.; Монье, 1867—1880 гг.), в Англии (Уилкинсон, 1854 г.), в США (Гнатт, 1855—1877 гг.). В период освоения (1885—1917 гг.) железобетон находил применение в отдельных случаях в экономически достаточно развитых странах — Англии, Франции, США, Германии, России. Железобетон применялся в перекрытиях производственных зданий, подземных трубах, колодцах, стенах, резервуарах, мостах, путепроводах, эстакадах, фортификационных и других сооружениях.

Создание первых теоретических основ расчета железобетона и принципов его конструирования оказалось возможным благодаря работам исследователей и инженеров Консндера, Генебика (Франция), Кёиена, Мёрша (Германия) и др. К концу XIX в. сложилась в общих чертах теория расчета железобетона по допускаемым напряжениям, основанная на методах сопротивления упругих материалов.

В России железобетонные конструкции развивались под влиянием зарубежного опыта и отечественной практики. В последней большое значение имели показательные испытания Н. А. Белелюбского в 1891 г. серии конструкций (плиты, резервуары, своды, трубы, сборный заком, сводчатый мост); предложения по совершенствованию конструктивных форм железобетона, а именно: Н. Н. Абрамова по спиральному армированию колонн в виде "бетона в обойме", В. П. Некрасова по косвенному армированию сжатых элементов, А. Э.

Страуса по производству набивных бетонных и железобетонных свай, А. Ф. Лолейта по конструированию и расчету безбалочных перекрытий (1909 г.), Н. И. Молотилова по сборным железобетонным плоским (сплошным и продольно-пустотным) плитам для перекрытий; оригинальные работы И. С. Подольского, Г. П. Передерня, С. И. Дружинина, Г. Г. Кривошеина и многих других.

## 2. Запуск программы Robot. Создание разбивочных осей



1. Запустите программу Robot, откройте новый проект «проектирование оболочек»

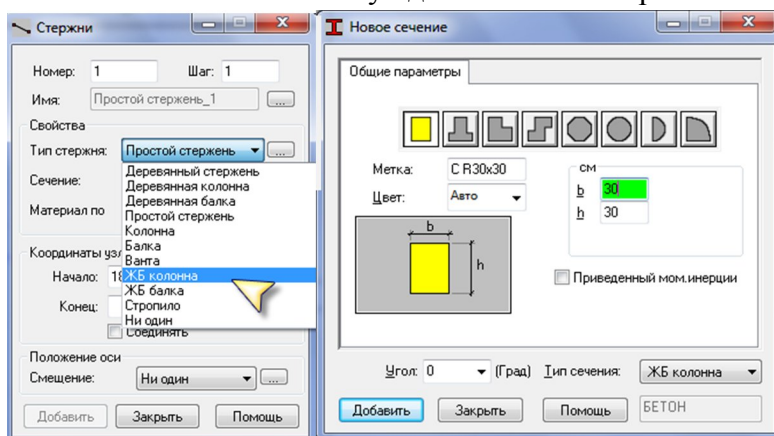


2. Создайте оси в следующем порядке: OX шаг 6 м, количество шагов 3, OY шаг 6 м, количество шагов 3, OZ шаг 3 м, количество шагов 1

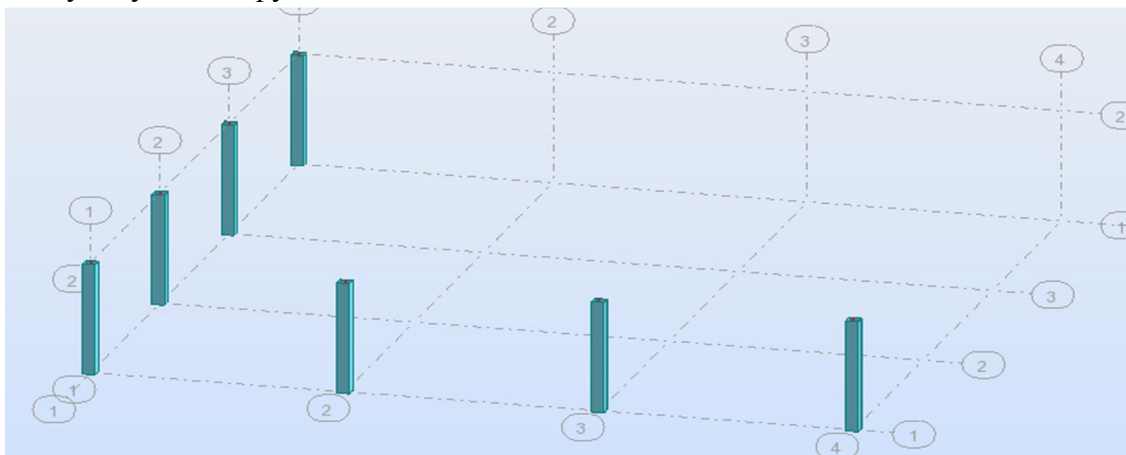


## 3. Проектирование колонн, балок, плит

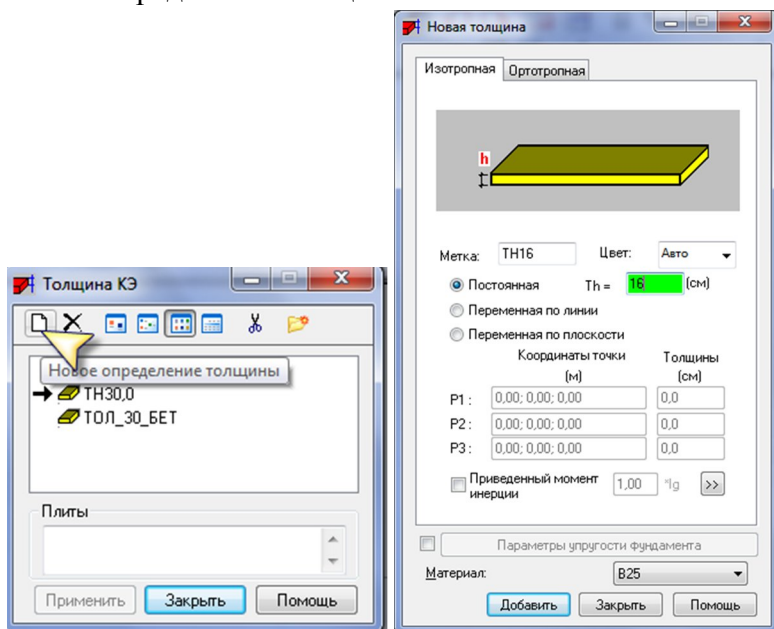
1. На правой панели инструментов выберите «стержень» . В появившемся окне в свойствах «тип стержня» укажите «ЖБ колонна». В параметрах сечения нажмите на клавишу . В новом окне укажите прямоугольное сечение с размерами  $b=30$  и  $h=30$  см. Нажмите клавишу «добавить» и «заккрыть».




- Кликните ЛКМ в поле «начало» и постройте на пересечении разбивочных осей следующую конструкцию

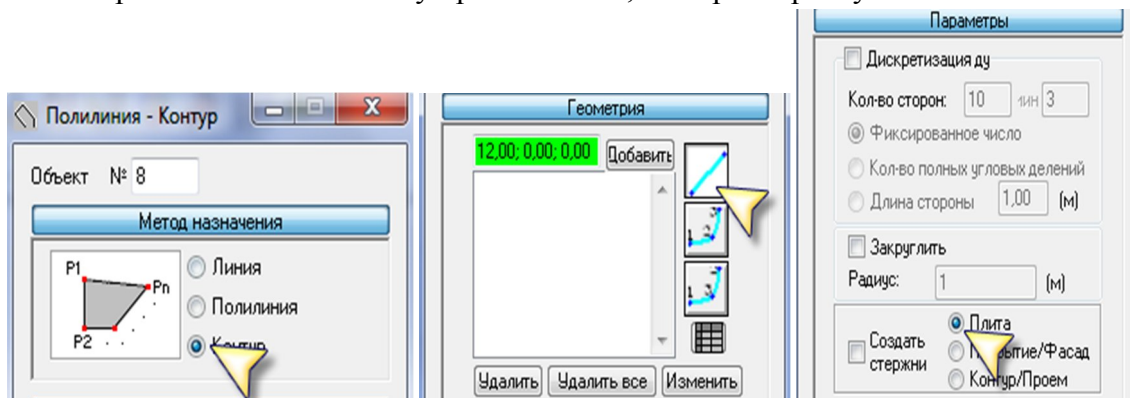


- На правой панели инструментов выберите опцию «толщина плиты» . Нажмите «новое определение толщины»

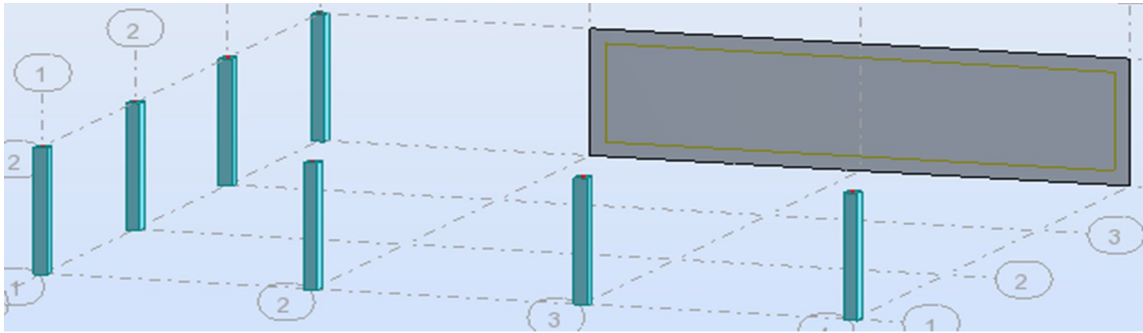


- Как показано на рисунке выше, отметьте толщину плиты 16 см, материал: B25. Нажмите клавишу «добавить» и «закреть». В окне «толщина КЭ» нажмите закрыть

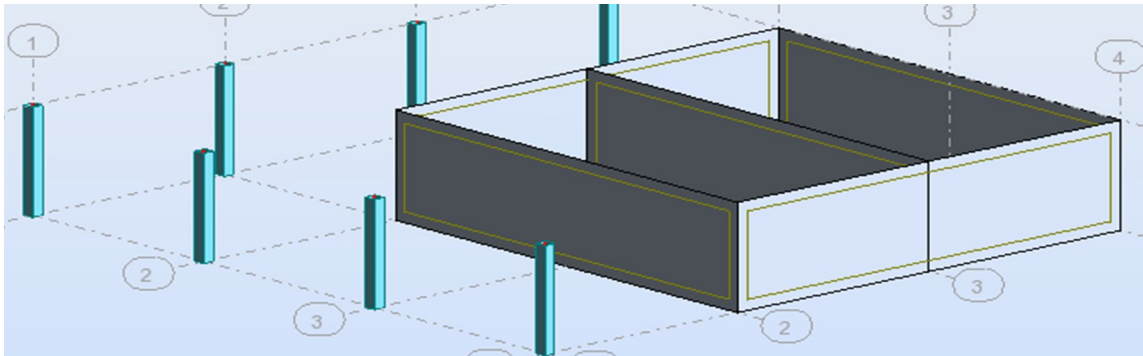
- На правой панели инструментов выберите опцию «полилиния – контур» . В открывшемся окне в параметре «метод назначения» выберите «контур», В «геометрия» ЛКМ по сегменту прямая линия, в «параметры» укажите «плита»



7. Обведите пересечение осей в следующем порядке: 2,4,1; 4,4,2; 4,4,1; 2,4,1; 2,4,1.  
Нажмите клавишу «заккрыть»




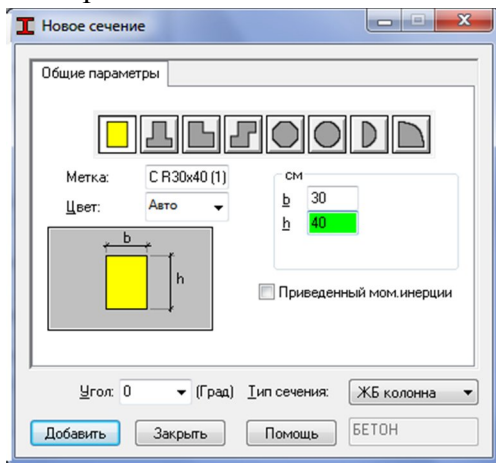
8. Таким же образом достройте плиты до обеспечения замкнутого контура



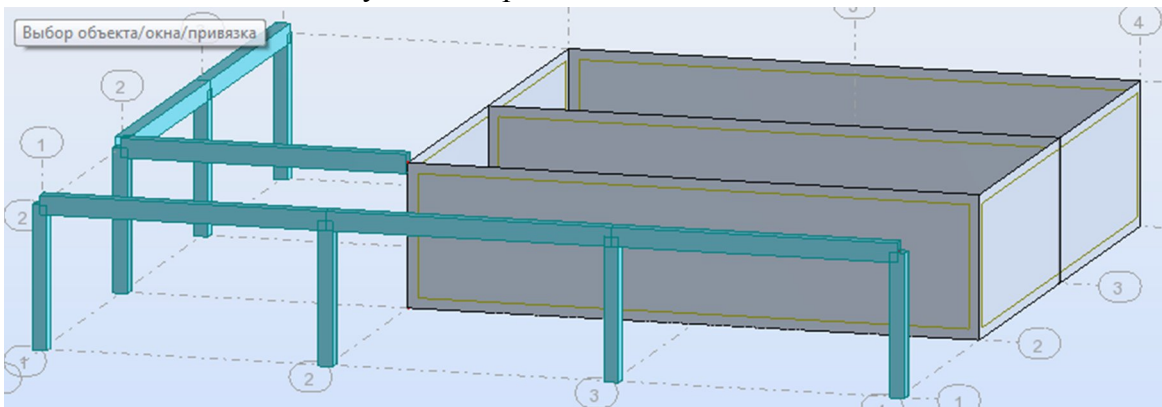
9. Перейдем к проектированию балок. Нажмите на правой панели задач «стержни»



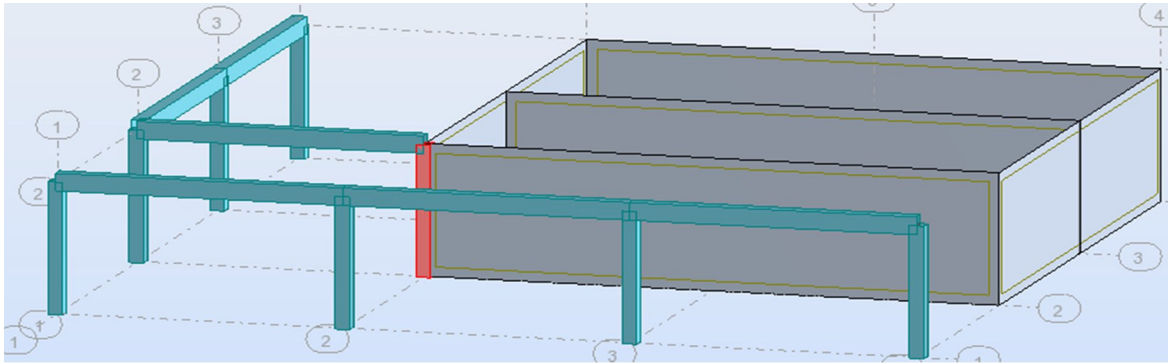
Укажите тип «ЖБ колонна», у сечения нажмите клавишу . Укажите прямоугольное сечение с размерами  $b=30$  и  $h=40$  см. Нажмите клавишу «добавить» и «заккрыть».




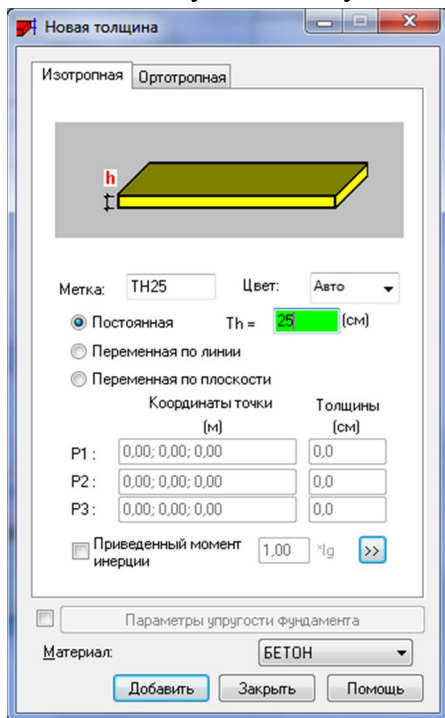
10. Расположите балки в следующем порядке





11. Выделите любую колонну и скопируйте ее (см. гл. 3) на пересечение осей 2,2,1.



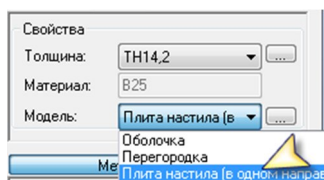
12. Далее на правой панели инструментов выберите опцию «толщина плиты» . Создайте новую толщину. На вкладке «изотропная» отметьте толщину 25 см.



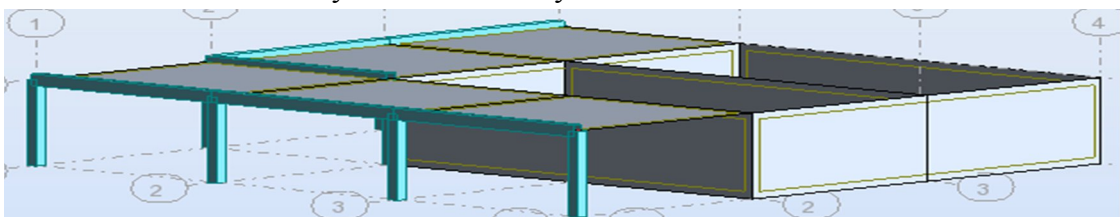
13. Нажимаем на правой панели задач «конструктивные элементы» . В

открывшейся вкладке выбираем «полы» .

14. В открывшемся окне установите параметры «толщина» ТН25; модель – плита настила.



15. Выделяйте поодиночке участки 6x6 м в участках колонн

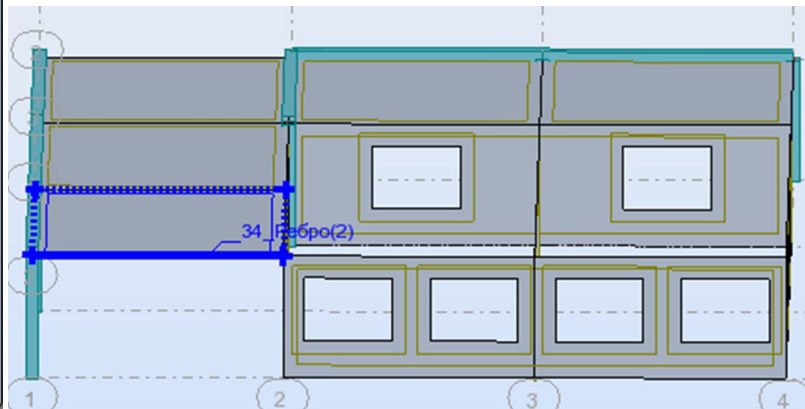


16. Попробуем добавить в стены проёмы. Нажимаем на правой панели задач

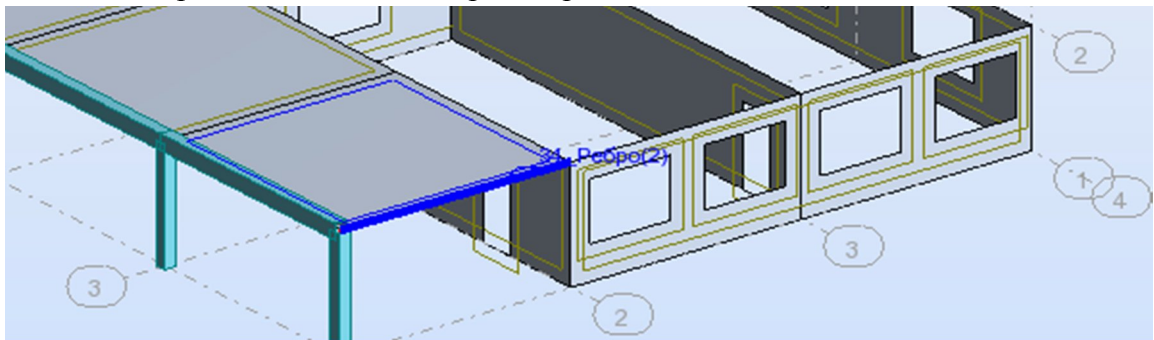
«конструктивные элементы» . В открывшейся вкладке выбираем «проемы»



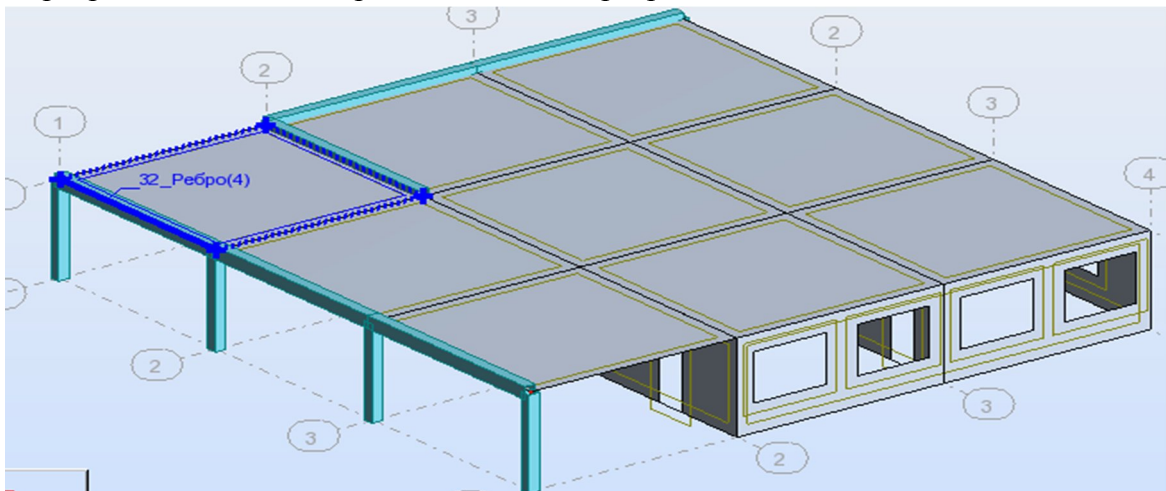
17. В открывшемся окне выбираем тип отверстия – прямоугольник. Высоту  $H$   $h_{bhvnt}$  1,56 м, ширину  $B=2,1$  м, смещение  $dy=0,9$  м и кликаем ЛКМ в поле  $dx$ . Расставте отверстия по два на ограждающие конструкции.



18. Таким же образом обозначьте дверные проемы

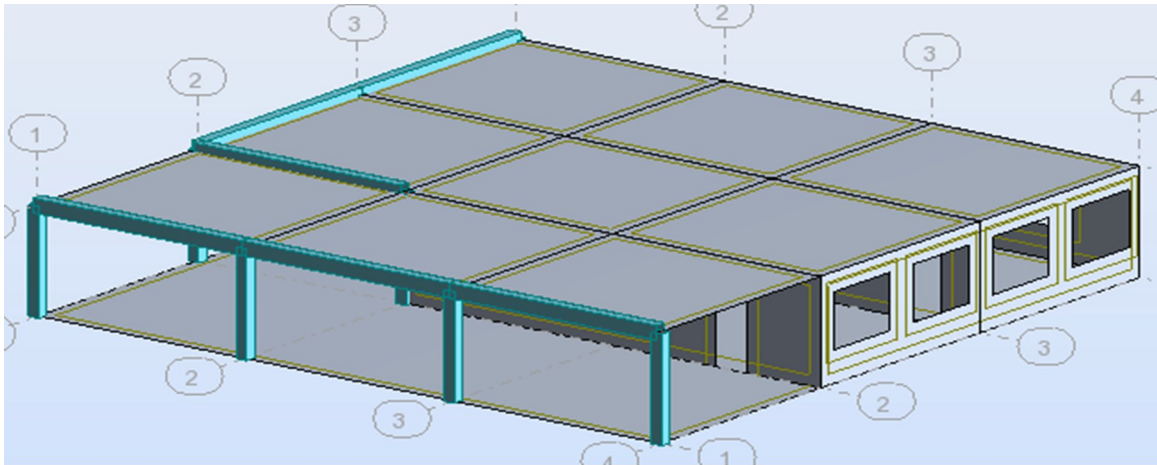



19. Перекройте оставшиеся пролеты плитами перекрытий

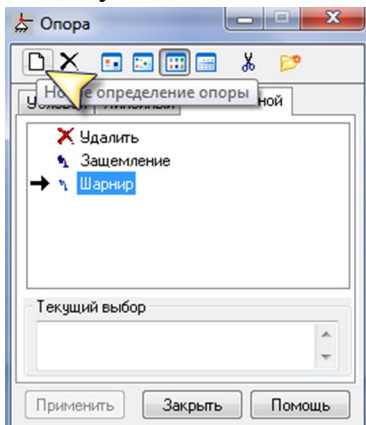


#### 4. Создание подстилающего слоя (грунты)

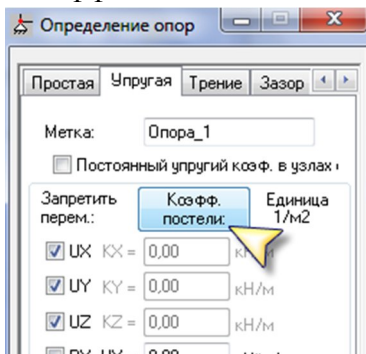
1. Создадим плиту основания. Создайте новую постоянную толщину 50 см из бетона класса В15. Обведите конструкцию по первому уровню, чтобы получилось следующее



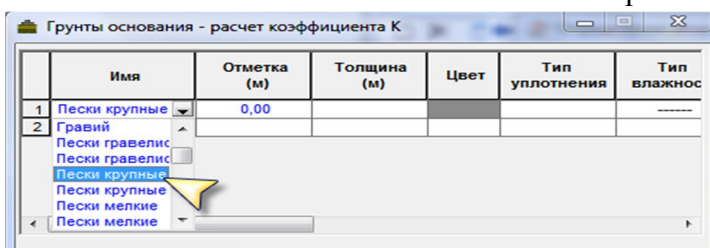
2. На правой панели инструментов выберите опцию «опора» . Перейдите на вкладку «плоскостной» и нажмите «определение новой опоры»



3. В окне «определение опор» перейдите на вкладку «упругая». Нажмите клавишу «коэффициент постели»



4. В новом окне отметьте ЛКМ поле №1 и выберите из списка «пески крупные»

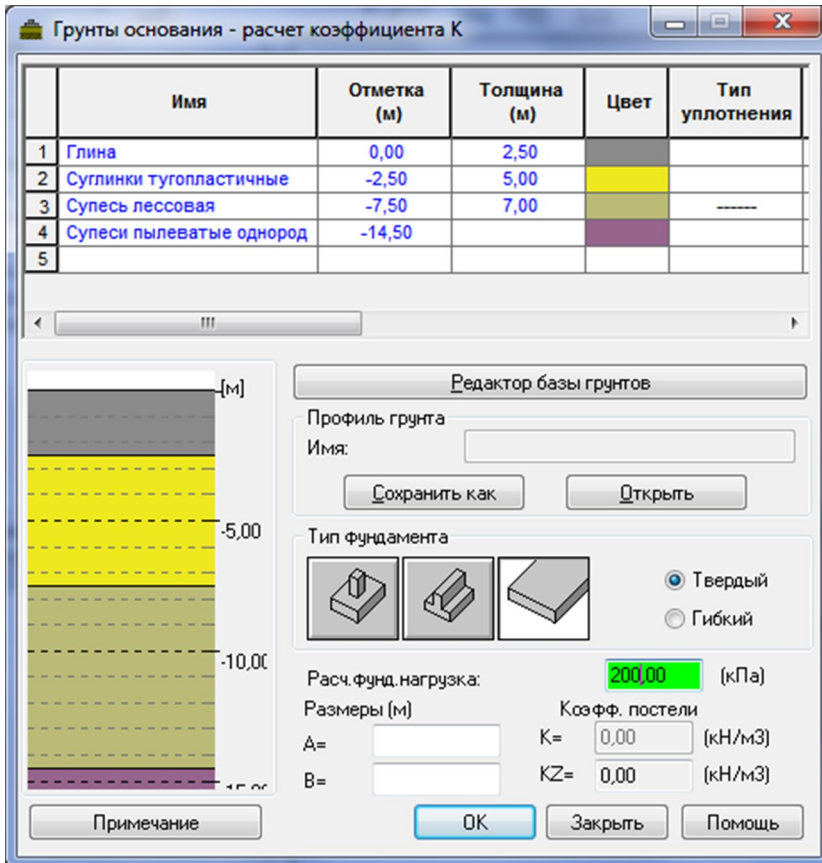


5. Назначьте следующий слой суглинки тугопластичные и толщину первого слоя 2,5 м



	Имя	Отметка (м)	Толщина (м)	Цвет	Тип уплотнения
1	Глина	0,00	2,50		
2	Суглинки тугопластичные	-2,50	1,00		
3		-3,50			
4					

6. Назначьте далее слои грунтов следующим образом



Редактор базы грунтов

Профиль грунта  
Имя: \_\_\_\_\_

Сохранить как    Открыть

Тип фундамента

Твердый  
 Гибкий

Расч. фонд. нагрузка: 200,00 (кПа)

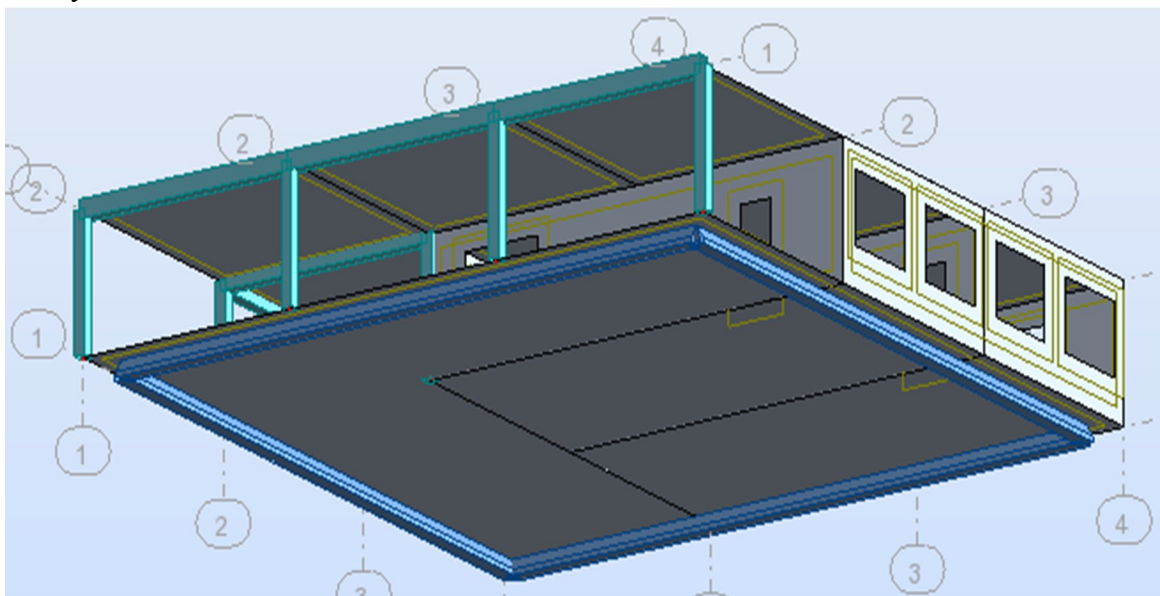
Размеры (м)    Кэфф. постели

A= \_\_\_\_\_    K= 0,00 (кН/м3)

B= \_\_\_\_\_    KZ= 0,00 (кН/м3)

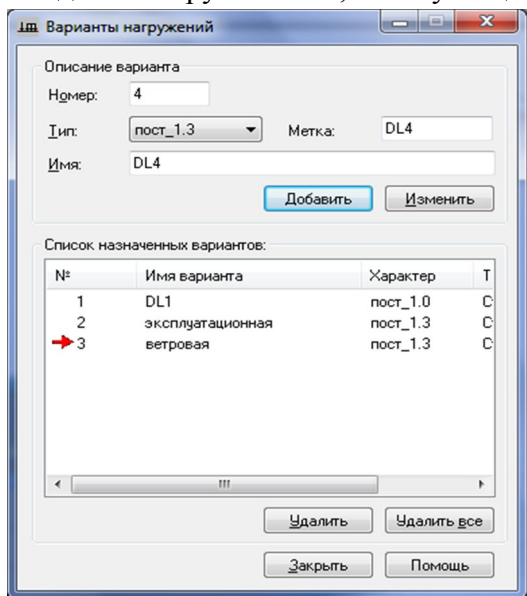
Примечание    ОК    Закрыть    Помощь


7. Расчетную нагрузку примите 200 кПа. Нажмите «ок» и «закрыть». В окне «определение опор» нажмите «добавить» и «закрыть». Отметьте ЛКМ нижнюю плиту

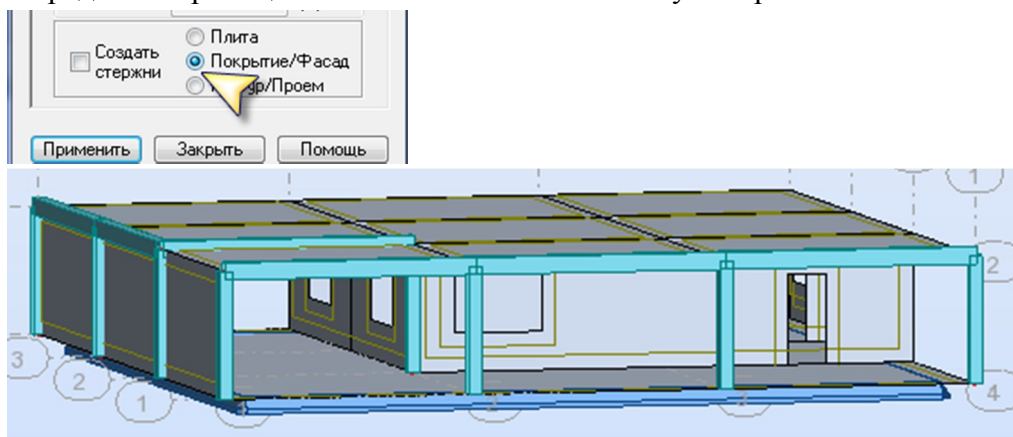




## 5. Нагружение схемы, расчет, результаты

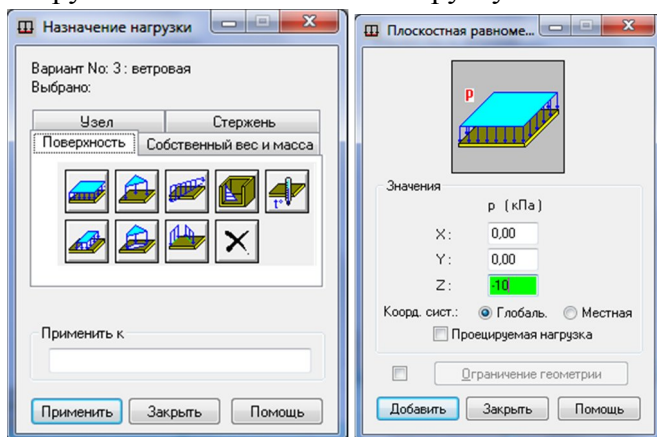
1. Создайте нагрузки: DL1, эксплуатационная (k=1,2), ветровая (k=1,3)



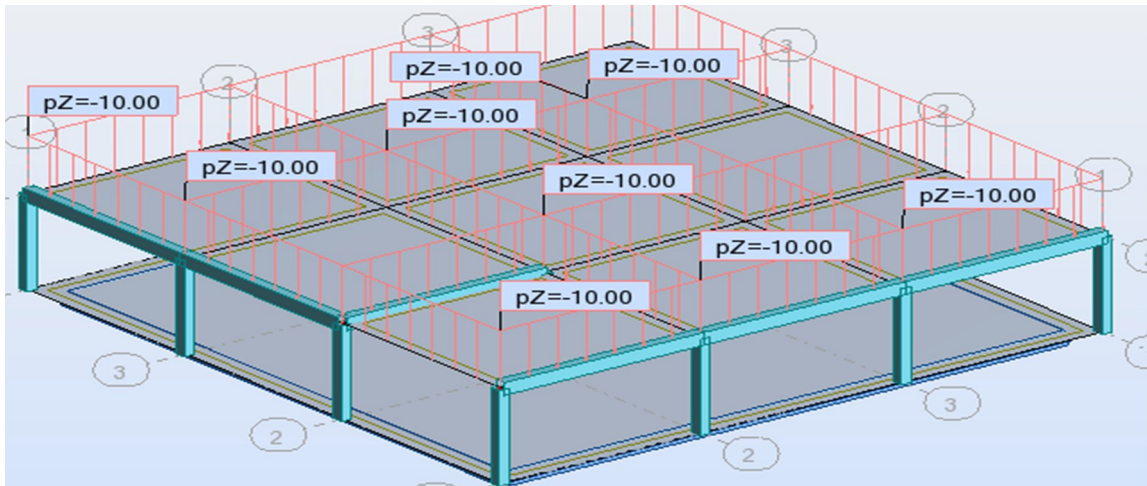
2. Задайте ограждения в виде невесомых фасадов. На правой панели инструментов нажмите «полилиния-контур» . Отметьте в новом окне «покрытие/фасад». Определите границы на плане. Нажмите клавишу «закреть»



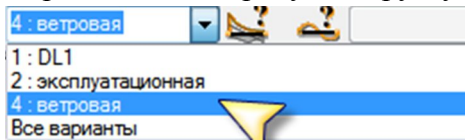
3. На правой панели задавая выберите опцию «назначение нагрузки» . В новом окне перейдите на вкладку «поверхность» и выберите «равномерно распределенная нагрузка» . Назначьте нагрузку Z=-10 кПа. Далее «добавить» и «закреть»



4. Отметьте все перекрытия



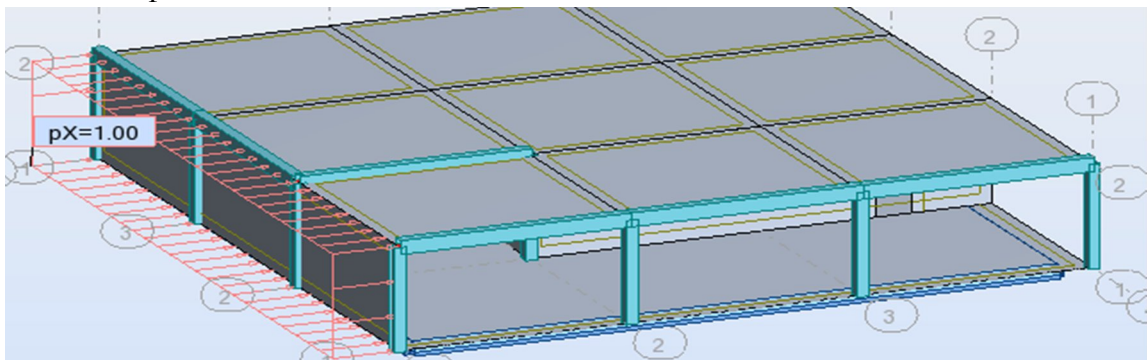
5. Перейдите на ветровую нагрузку




6. В окне «назначение нагрузки» отметьте «равномерно распределенная нагрузка»

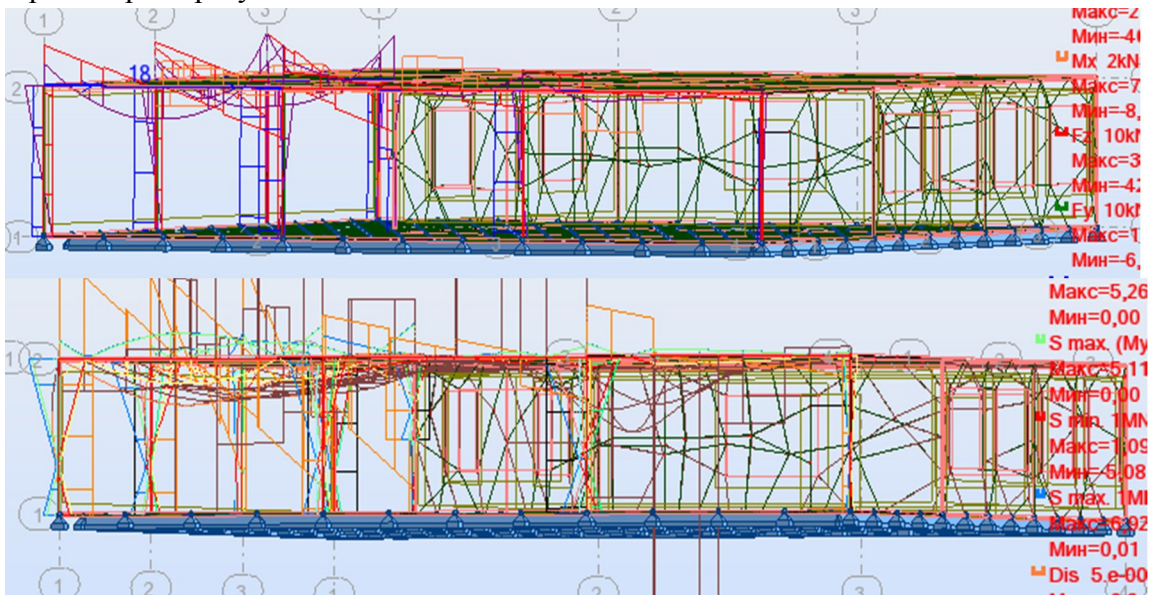


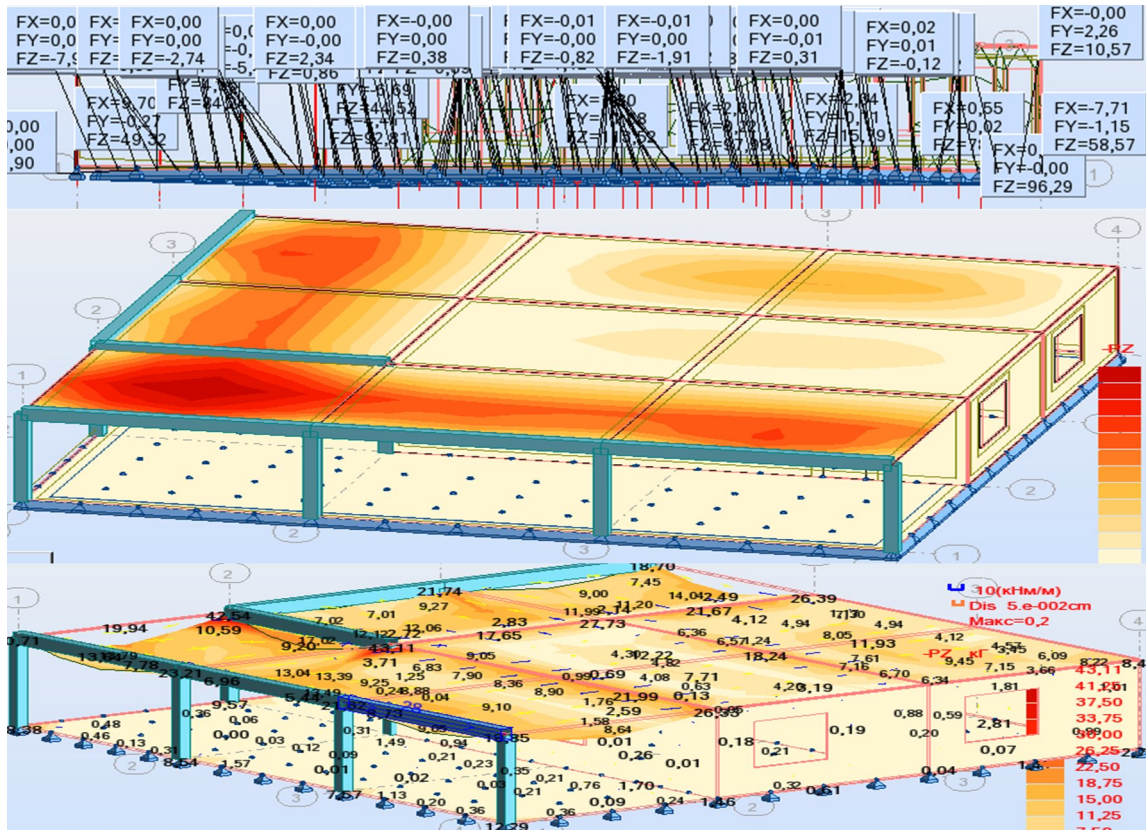
Обозначьте в направлении, перпендикулярном пролету, нагрузку 1 кПа. Отметьте фасад



7. Нажмите клавишу расчет 

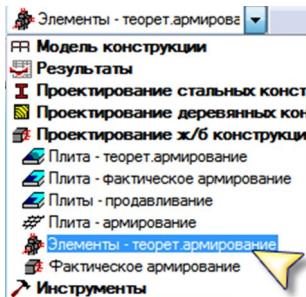
8. Просмотрите результаты




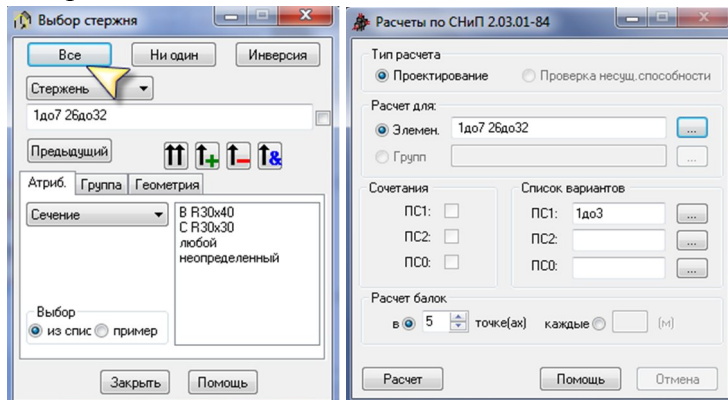



## 6. Теоретическое армирование

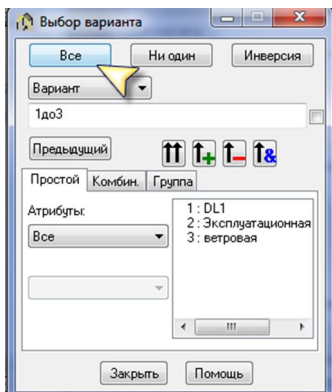
1. Перейдите в раздел «элементы – теоретическое армирование»




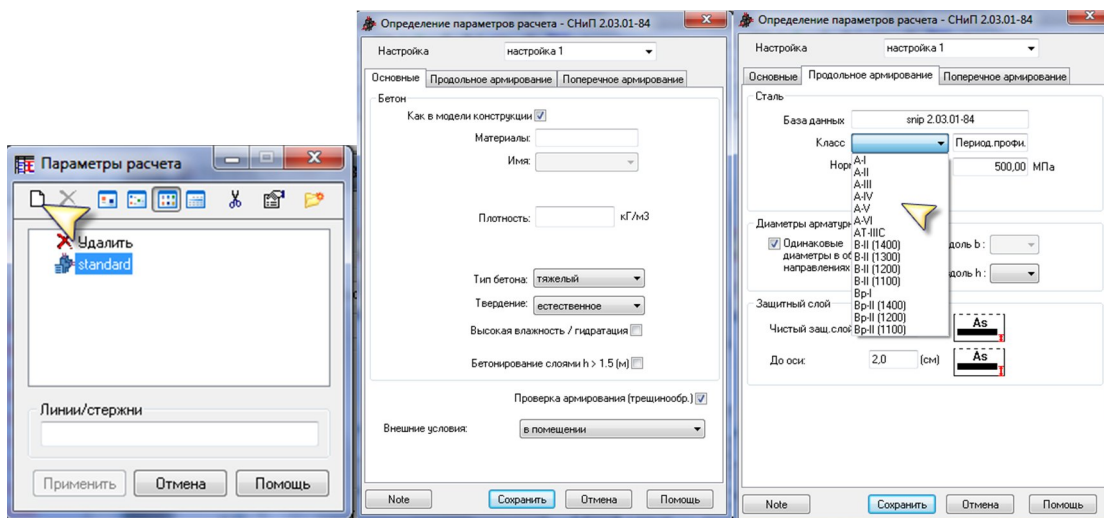
2. В окне «расчеты по СНиП 2.03.01-84» напротив параметра «элементы» нажмите клавишу . В окне «выбор стержня» нажмите сверху клавишу «все» и после «закрыть»




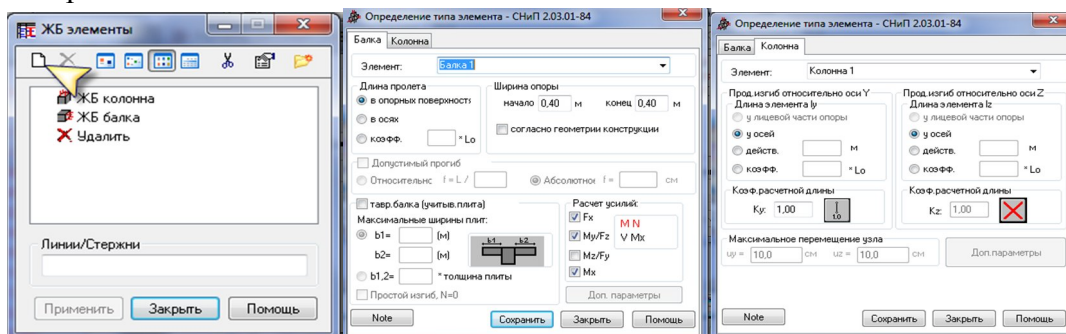
3. Назначим нагрузку, которая участвует в данном расчете. В окне «расчеты СНиП 2.03.01-84» в разделе «список вариантов» напротив РС1 нажмите клавишу . В новом окне также отметьте все варианты и нажмите клавишу «заккрыть»



4. Рассмотрим подробнее задание типа армирования, марки, диаметра. Данный пункт познавательный, т.к. в расчете будем использовать автоматические параметры. Обратите внимание на правую панель инструментов и нажмите клавишу «параметры расчета железобетонных элементов» . Создайте новый набор параметров. В окне «определение параметров расчета» можно указывать различные параметры армирования элементов. Перемещайтесь между вкладками и ознакомьтесь с предоставленными возможностями. После нажмите клавишу «отмена»



- На правой панели инструментов нажмите клавишу «Ж/Б тип элемента» . В окне «ж/б элементы» определите новый тип. В новом окне можно поменять различные данные элементов колонн и балок. Ознакомьтесь с интерфейсом и нажмите «заккрыть»



- Обратите внимание, что при выполнении расчетов по требуемому армированию элементов можно сразу менять сечение, материал, тип и параметры армирования для каждого элемента

Стержень	Сечение	Материал	Тип	Параметры армирования
1	C R30x30	БЕТОН	ЖБ колонна	standard
2	C R30x30	БЕТОН	ЖБ колонна	standard
3	C R30x30	БЕТОН	ЖБ колонна	standard
4	C R30x30	БЕТОН	ЖБ колонна	standard
5	C R30x30	БЕТОН	ЖБ колонна	standard
6	C R30x30	БЕТОН	ЖБ колонна	standard
7	C R30x30	БЕТОН	ЖБ колонна	standard
8	V R30x40	БЕТОН	ЖБ балка	standard
9	V R30x40	БЕТОН	ЖБ балка	standard
10	V R30x40	БЕТОН	ЖБ балка	standard

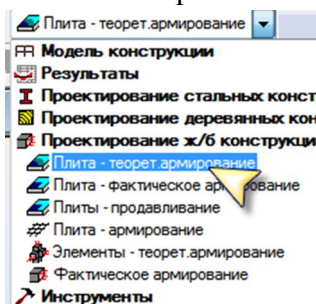
- В окне «расчеты по СНиП 2.03.01-84» нажмите клавишу «расчет». Через несколько секунд Robot опишет полученные результаты теоретического армирования в следующем окне


Стержень/Позиция (м)	Теоретическая верхняя арматура (Mu) (cm2)	Раскладка верхней арматуры (Mu)	Теоретическая нижняя арматура (Mu) (cm2)	Раскладка нижней арматуры (Mu)	Поперечное армирование - тип/расклад
26					2f6 8*24.0+10*20.0+14
26/ 0,40	0,57	2f16	0,0	-	
26/ 1,70	0,0	-	2,42	2f16	
26/ 3,00	0,0	-	2,90	2f16	
26/ 4,30	0,0	-	1,36	2f16	
26/ 5,60	3,19	2f16	0,0	-	
27					2f6 14*14.0+14*14.0+14

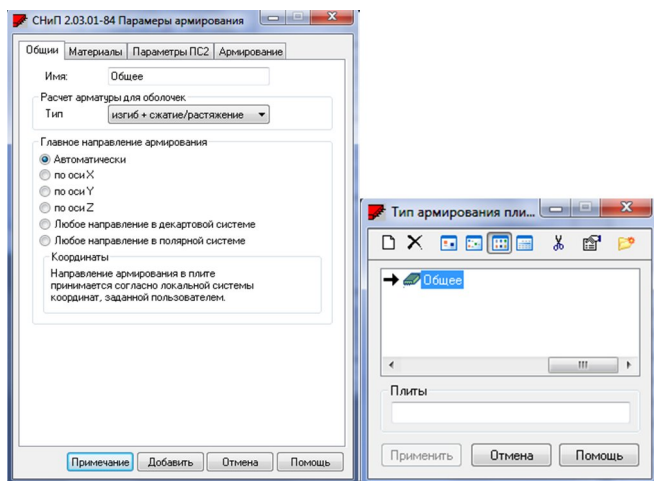
  

Стержень	Теоретическая арматура вдоль b (cm2)	Раскладка арматуры вдоль b	Теоретическая арматура вдоль h (cm2)	Раскладка арматуры вдоль h	Поперечное армирование - тип/расклад
1	2,04	2f16	1,54	2f16	2f6 12
2	1,64	2f16	0,07	2f16	2f6 12
3	1,54	2f16	0,14	2f16	2f6 12
4	1,58	2f16	0,98	2f16	2f6 12
5	0,36	2f16	1,54	2f16	2f6 12
6	0,28	2f16	1,40	2f16	2f6 12
7	1,50	2f16	1,07	2f16	2f6 12

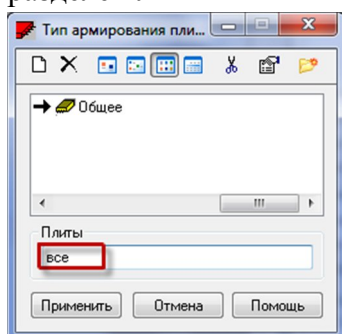
- После подбора армирования элементов стержневого типа, перейдем во вкладку «плита – теоретическое армирование»



- Обратите внимание на правую панель инструментов. Выберите опцию «тип армирования плит и оболочек» . Создайте новый параметр. В новом окне «СНиП 2.03.01-84 параметры армирования» дайте имя «общее». Укажите тип «изгиб + сжатие/растяжение». Посмотрите в других вкладках возможные изменения параметров и нажмите клавишу «добавить» и «отмена».

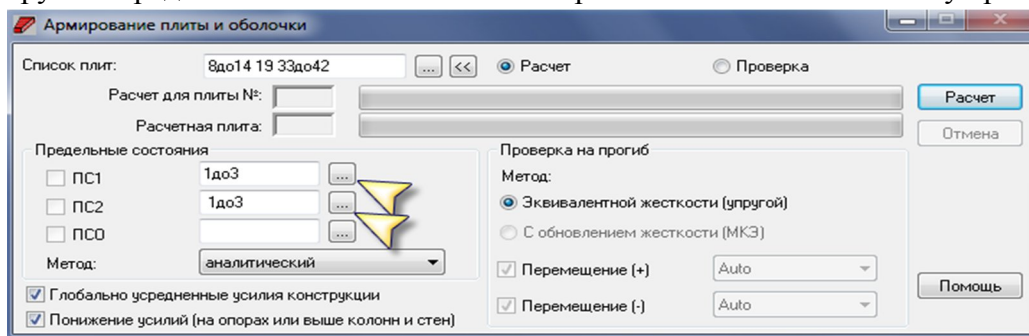


9. Есть удобный инструмент выбора необходимых элементов и параметров из списка. Если необходимо указать все элементы, для которых необходимо принять набор параметров, то в диалоговом окне можно просто написать «все». Напишите «все» в разделе плиты



и нажмите клавишу «применить» и «отмена»

10. В окне «армирование плиты и оболочки» укажите набор нагрузок для первой группы предельных состояний РС1 и второй РС2. Нажмите клавишу «расчет»

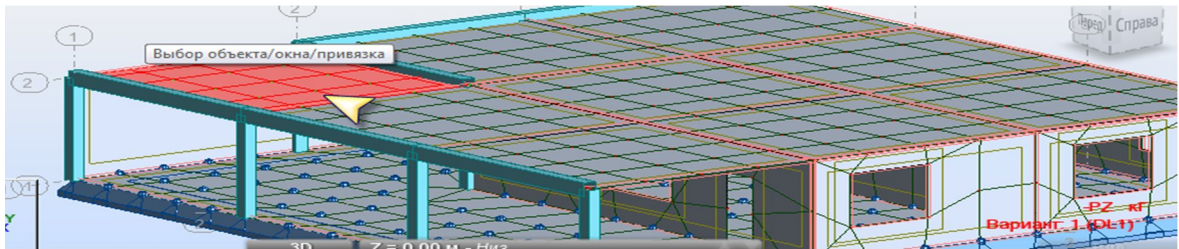


11. После нескольких секунд Robot закончит расчет по двум группам предельных состояний. Просмотреть результаты можно, нажав на правой панели инструментов опцию «армирование плит и оболочек»

Плита/Узел	[-]Ах Главн. (см2/м)	[-]Ау Перпендикуляр	[+]Ах Главн. (см2/м)	[+]Ау Перпендикуляр
8/ 17	0,01	0,0	2,33	2,78
8/ 18	0,0	0,56	0,89	0,56
8/ 19	0,03	0,0	0,62	0,0
8/ 20	0,0	0,01	0,0	0,01
8/ 21	0,01	0,00	0,0	0,01
8/ 22	0,62	0,56	0,62	0,56
8/ 23	0,62	0,56	0,02	0,0
8/ 24	0,02	0,0	0,02	0,0
8/ 25	0,62	0,56	0,62	0,56
8/ 26	0,62	0,56	0,62	0,0

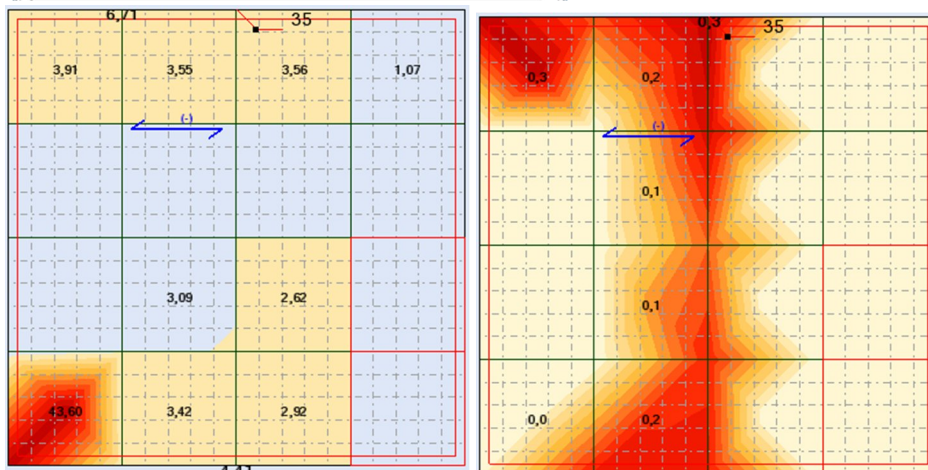
## 7. Фактическое армирование. Чертежи. Отчет

1. Выберите какую-нибудь плиту перекрытия

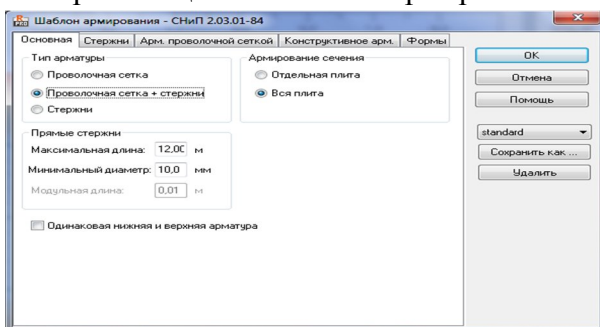


2. На правой панели задач выберите опцию «проект ж/б плит»
3. В окне «армирование плиты и оболочки» перейдите во вкладку «карты армирования». Отмечайте опции отображения распределения теоретического армирования элементов


Цвет	φ1	φ2	S (м)	Амакс (см2)	Амин (см2)	Вид
Red	12	0,03	---	>37,70	>18,85	<input checked="" type="checkbox"/>
Orange	12	0,06	18,85	>9,42	>4,71	<input checked="" type="checkbox"/>
Yellow	12	0,12	9,42	>4,71	>0,00	<input checked="" type="checkbox"/>
Blue	---	---	0,00	---	---	<input checked="" type="checkbox"/>

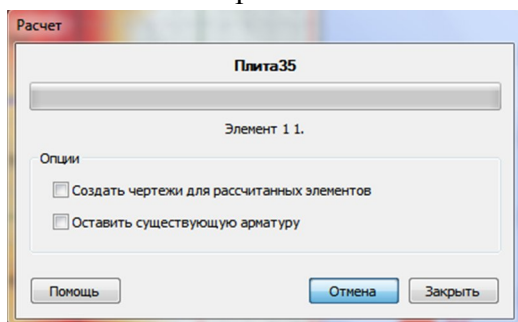



4. Для указания элементов фактического армирования – на правой панели задач выберите опцию «шаблоны армирования»

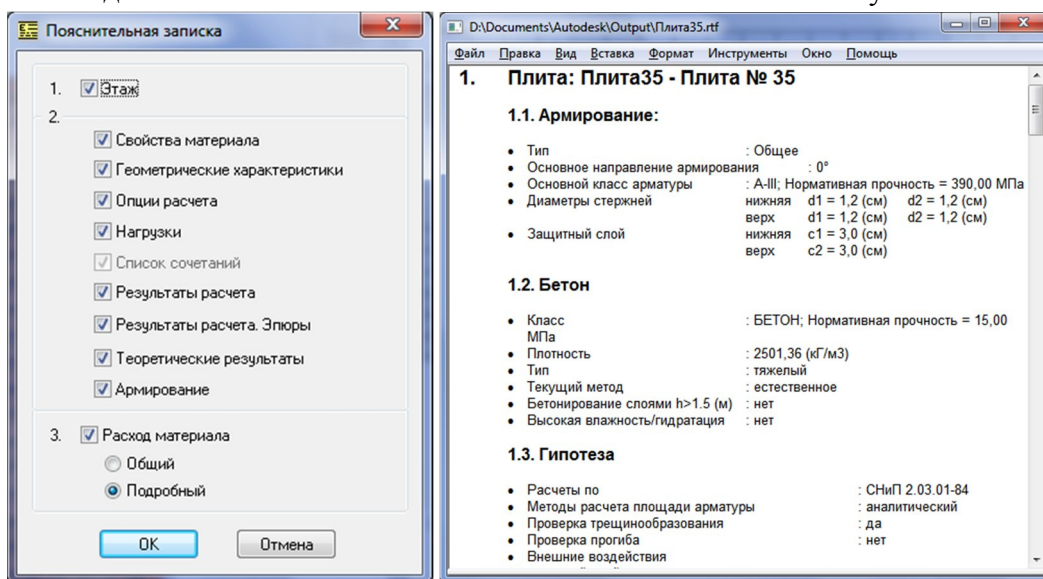




укажите параметры на выбор

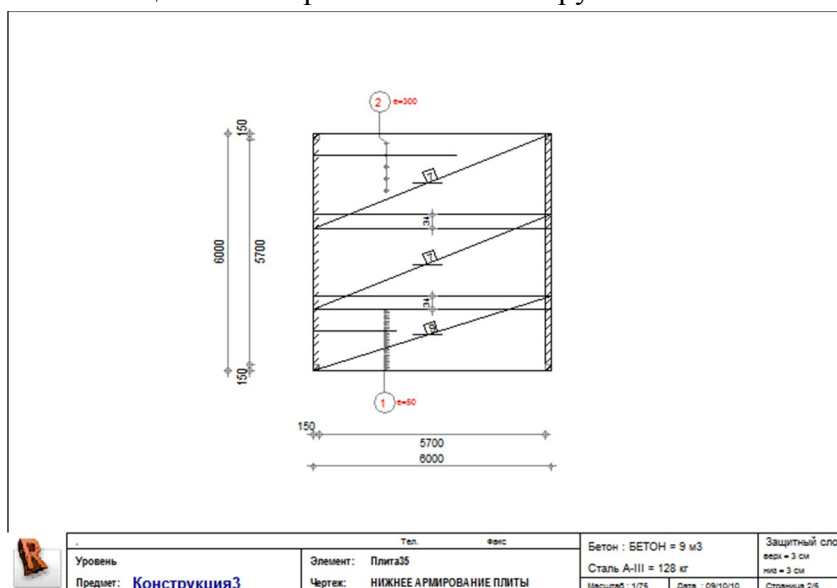
5. На верхней панели инструментов нажмите клавишу «расчет» . В окне «расчет» нажмите снова «расчет»



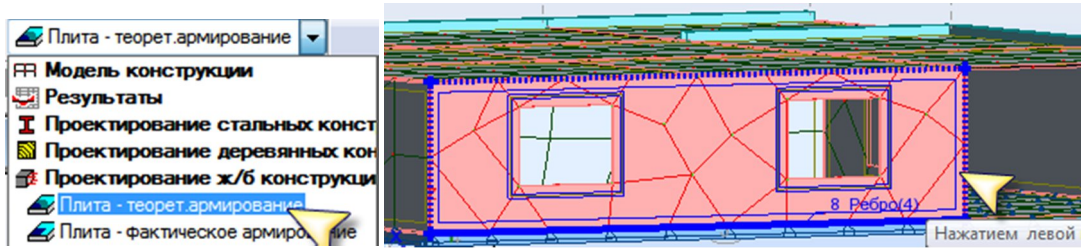
6. Теперь мы имеем раскладку фактической арматуры. На правой панели задач нажмите клавишу «пояснительная записка» . В новом окне отметьте необходимые части пояснительной записки и нажмите клавишу «ок»



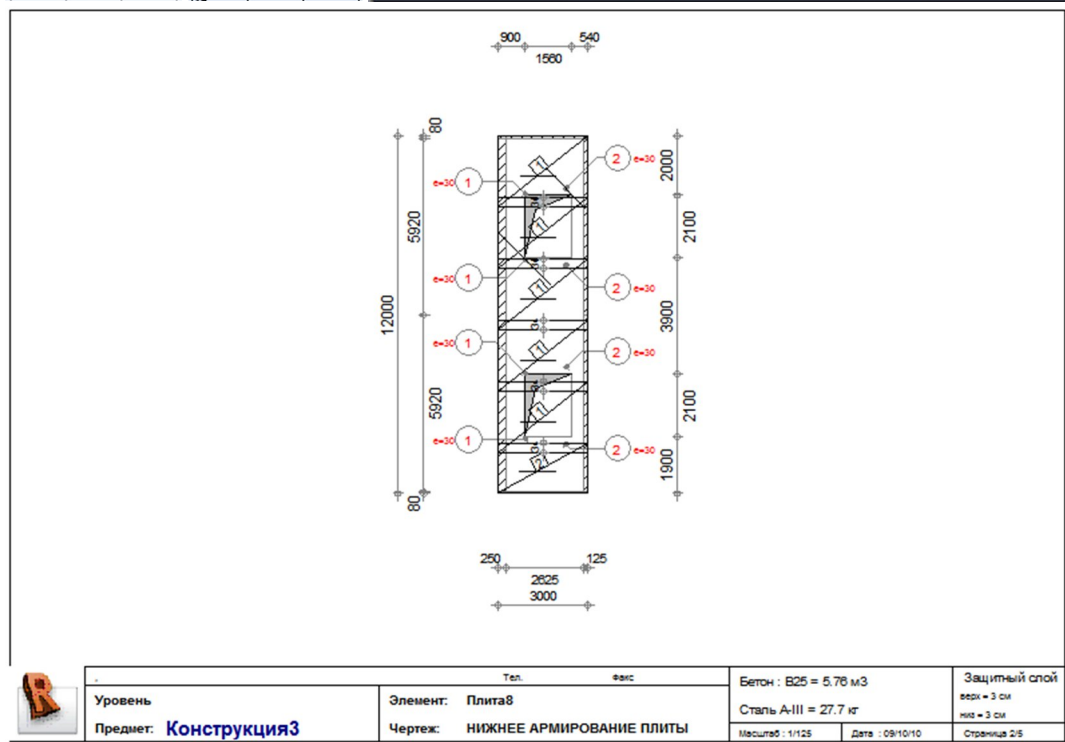
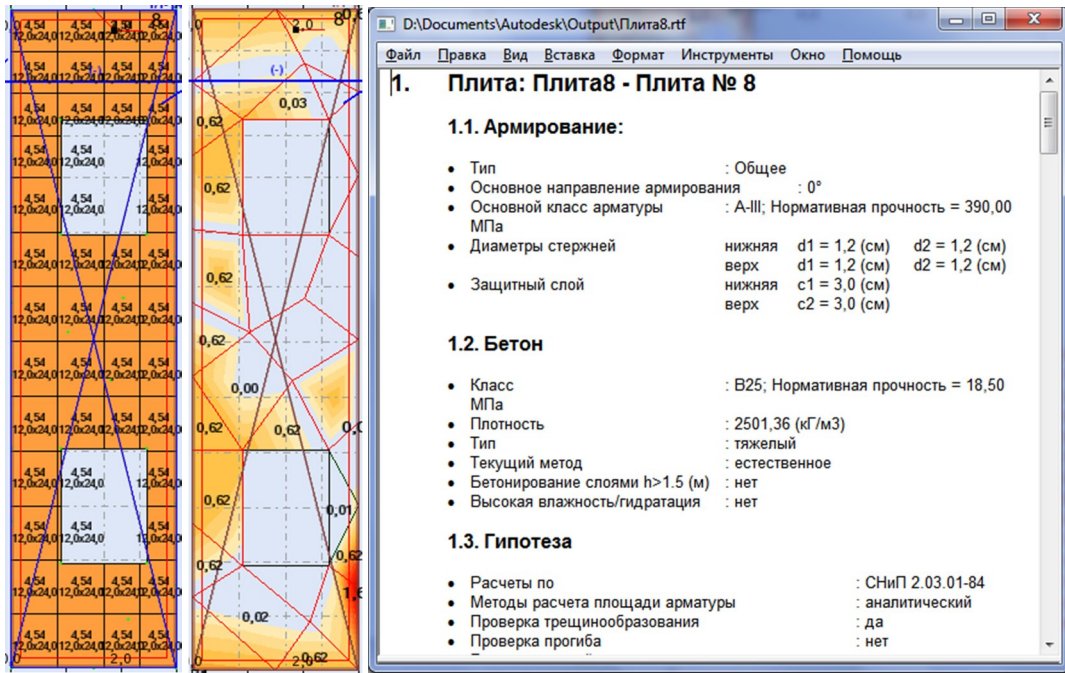
7. Сохраните, или закройте пояснительную записку. На правой панели инструментов нажмите клавишу «чертежи» .
8. Просмотрите получившиеся чертежи опалубки и армирования элемента. Листать можно опциями на верхней панели инструментов .



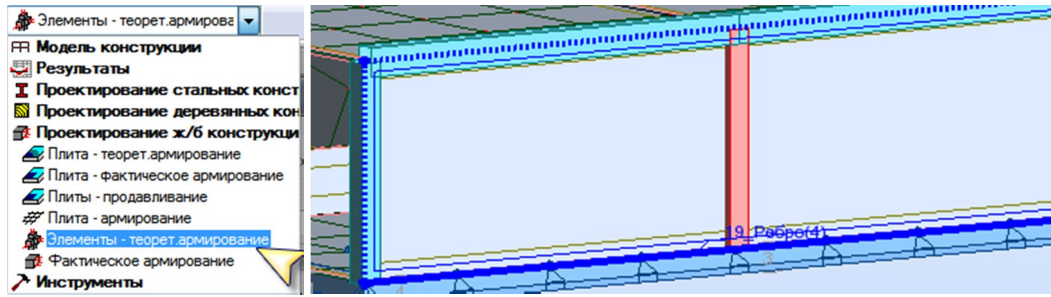
9. Перейдите на вкладку «плита теоретическое армирование». Выберите стену и на правой панели инструментов нажмите клавишу «проект ж/б плиты»




10. Так же, как и в предыдущих пунктах создайте шаблон армирования и рассчитайте элемент. Получите пояснительную записку и чертежи опалубки с армированием



11. Прейдите на вкладку «элементы – теоретическое армирование»

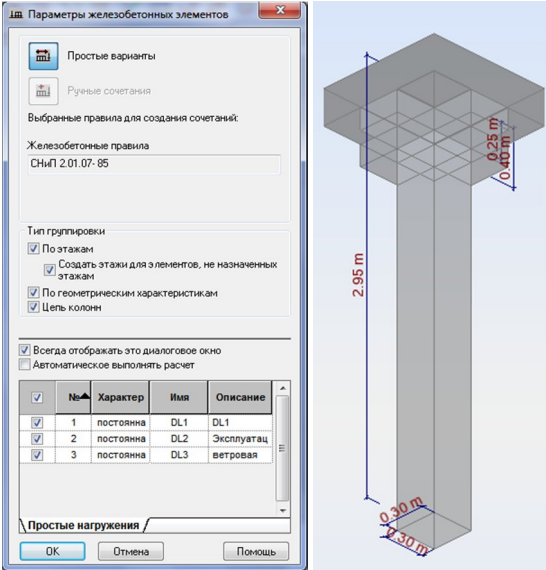


12. Выберите какую – нибудь колонну и на правой панели инструментов нажмите клавишу «проект ж\б колонны» 

13. В новом окне «параметры ж\б элементов» отметьте необходимые опции и нажмите клавишу «ок». На верхней панели инструментов нажмите клавишу «начать расчет»



. Далее перемещайтесь между вкладками рабочего пространства. Создайте чертежи



**1 Уровень:**

- Имя: :
- Условный уровень: 0,00 (м)

**2 Колонна: Колонна3** Номер: 1

**2.1 Свойства материала:**

- Бетон: БЕТОН  $R_b = 11,50$  (МПа)
- Тип: тяжелый
- Текущий метод: естественное
- Бетонирование слоями  $h > 1.5$  (м): нет
- Высокая влажность/гидратация: нет
- Продольная арматура: A-IV  $R_s = 510,00$  (МПа)
- Поперечная арматура: A-I  $R_s = 225,00$  (МПа)

**2.2 Геометрия:**

- 2.2.1 Прямоугольник: 30,0 x 30,0 (см)
- 2.2.2 Высота: L: = 2,95 (м)
- 2.2.3 Толщина плиты: = 0,25 (м)
- 2.2.4 Высота балки: = 0,40 (м)
- 2.2.5 Защитный слой: = 5,0 (см)

**2.3 Опции расчета:**

- Расчеты по: СНиП 2.03.01-84
- Сейсмический район: нет
- Эскизный проект: нет
- Гибкость учтена: да
- хомуты: к плите

**2.4 Нагрузки:**

Итоговая спецификация

№	Тип арматуры	Класс стали	Диаметр (мм)	(м)	(м)	(м)	(м)
1	1 основной	A-IV	12	A = 2,90			
2	1 основной	A-IV	12	A = 2,90			
3	1 основной	A-IV	12	A = 2,90			
4	1 основной	A-IV	12	A = 2,90			
5	1 основной	A-IV	12	A = 2,90			
6	1 основной	A-IV	12	A = 2,90			
7	1 основной	A-IV	12	A = 2,90			
8	1 основной	A-IV	12	A = 2,90			
9	2 поперечный	A-I	6	A = 0,22	B = 0,22	C = 0,22	D = 0,22
10	2 поперечный	A-I	6	A = 0,22	B = 0,22	C = 0,22	D = 0,22
11	? поперечный	A-I	6	A = 0,??	B = 0,??	C = 0,??	D = 0,??

Основные варианты...

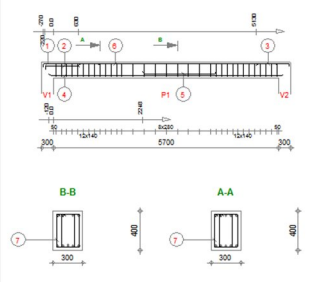
Типы нагрузок:  Основные  Особые

Описание	N (кН)	M <sub>y</sub> (кН*м)	M <sub>z</sub> (кН*м)
1.00DL1+1.30DL2+1.30DL3 (A)	320,64	48,19	6,31
1.00DL1+1.30DL2+1.30DL3 (C)	320,64	24,93	3,21
1.00DL1+1.30DL2+1.30DL3 (B)	320,64	-20,64	-3,21
0.90DL1+0.90DL2+0.90DL3 (A)	247,03	36,53	4,79
0.90DL1+0.90DL2+0.90DL3 (C)	247,03	18,60	2,47
0.90DL1+0.90DL2+0.90DL3 (B)	247,03	-15,82	-2,47

Кэф. надежности

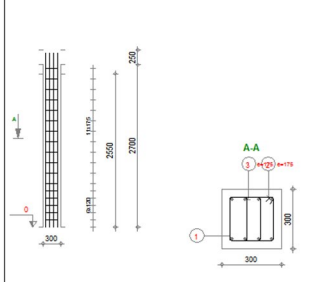
Rd / Sd	1,00	<	1,03
MRd / MSd	1,00	<	1,02
NRd / NSd	1,00	<	1,78

14. Таким же образом выберите балку и проложите фактическую арматуру



№	Армирование	Зона	Количество
1	ВАНДЕТОНЕ	НВ	5
2	ВАНДЕТОНЕ	НВ	5
3	ВАНДЕТОНЕ	НВ	5
4	ВАНДЕТОНЕ	НВ	5
5	ВАНДЕТОНЕ	НВ	1
6	ВАНДЕТОНЕ	НВ	4
7	ВАНДЕТОНЕ	НВ	66

Бетон ВЕТОН	0.12 м3
Стальбе	6.99 м2
Сталь	
АНУ ГОСТ 8761-82	43 кг
АНУ ГОСТ 8761-82	28.4 кг



№	Армирование	Зона	Количество
1	ВАНДЕТОНЕ	НВ	8
2	ВАНДЕТОНЕ	НВ	17
3	ВАНДЕТОНЕ	НВ	34

Бетон ВЕТОН	0.229 м3
Стальбе	3.08 м2
Сталь	
АНУ ГОСТ 8761-82	22.6 кг
АНУ ГОСТ 8761-82	6.72 кг

**Конструкция3**

**№ 1**

**Балка31**

**Конструкция3**

**Уровень +3,00**

**№ 1**

**Колонна3**

### 15. Создайте отчет

Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2011  
 файл: Конструкция3.rtd  
 Проект: Конструкция3

**Правила комбинаций**

Расчетные сочетания усилий  
 в соответствии с инструкцией: СНиП 2.01.07-85

**Параметры комбинации РСУ**

Тип сочетаний: по max

Список основных нагружений:

- 1: DDL1 пост\_1.0 G1
- 2: Эксплуатационная пост\_1.3 G2
- 3: ветровая пост\_1.3 G2

Список модальных комбинаций нагружений:

- ПС1 варианты в вариантах =1
- ПС1 варианты в вариантах >=2
- ПС1 сейсмические
- ПС0 варианты в в. =1 (особое\_1пр)
- ПС0 варианты в в. >=2 (особое\_1пр)
- ПС0 варианты в в. =1 (особое\_2пр)
- ПС0 варианты в в. >=2 (особое\_2пр)
- ПС2 варианты в вариантах =1
- ПС2 варианты в вариантах >=2
- ПС2 сейсмические

Список модальных групп:

постопека: G1 и, G2 и,

Список модальных комбинаций:

постопека: G1 и G2

Дата: 08/10/10 Страница: 7

Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2011  
 файл: Конструкция3.rtd  
 Проект: Конструкция3

**Свойства - Стержни**

Наименование стержня	Список стержней	AK (с м2)	A1 (с м2)	AC (с м2)	IK (с м4)	IF (с м4)
С 830(20)	12x P 22	903.00	780.00	170.00	113872.00	67930.00
830(20)с	20x P 21	1293.00	0.0	0.0	164688.76	148920.00

IK (с м4)

67900.00  
 63000.00

Дата: 08/10/10 Страница: 8

## 5. Общие настройки ПК Robot

### Содержание

1. Общие настройки проекта
2. Настройка единиц измерения и баз данных расчета
3. Настройка рабочего пространства и параметров выходных данных

«Теория без практики мертва»

Суворов А.В.

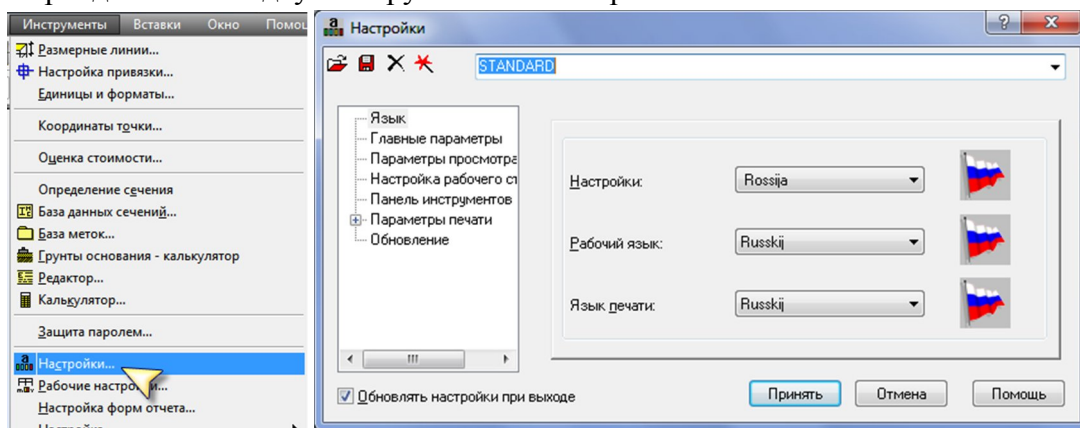
#### Условные обозначения:

ЛКМ – левая кнопка мыши

ПКМ – правая кнопка мыши

### 1. Общие настройки проекта

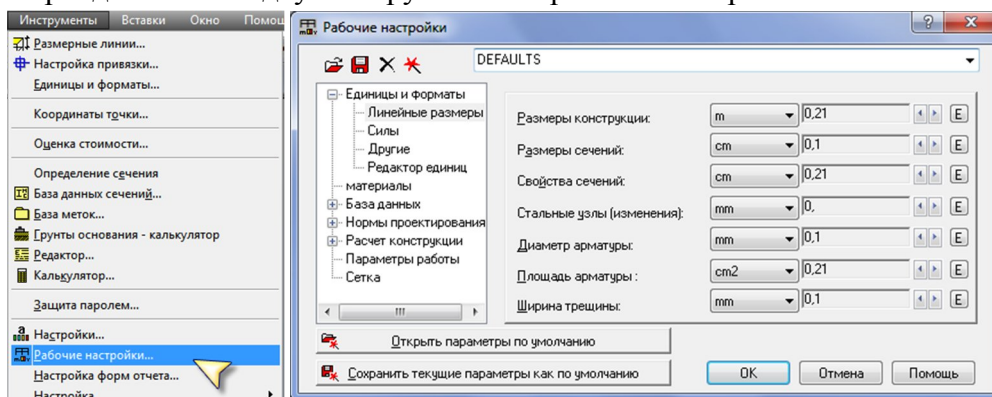
1. Запустите программу Robot. Создайте проект
2. Перейдите на вкладку Инструменты -> настройки



3. Задайте новое имя настроек. Перемещайтесь в рабочих окнах и определяйте удобные параметры. Нажмите «принять»

### 2. Настройка единиц измерения и баз данных расчета

1. Перейдите на вкладку Инструменты -> рабочие настройки

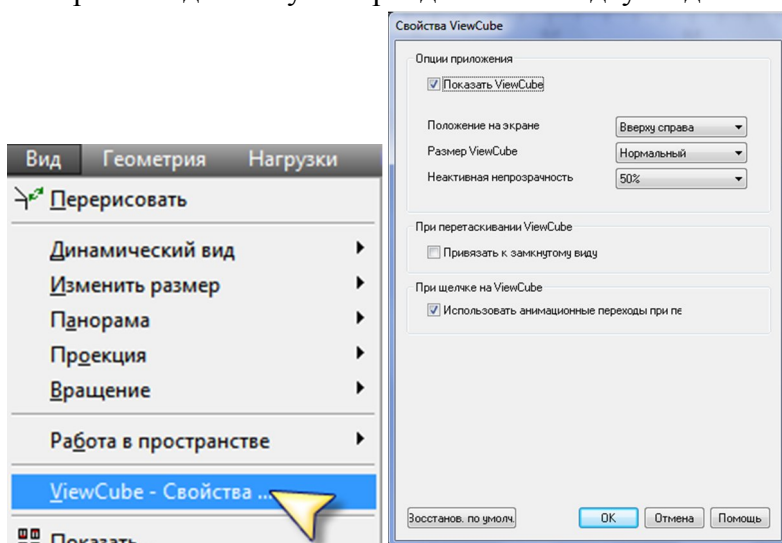


2. Задайте новое имя настроек. Перемещайтесь в рабочих окнах и определяйте удобные параметры.

3. Нажмите «сохранить текущие параметры как по умолчанию»

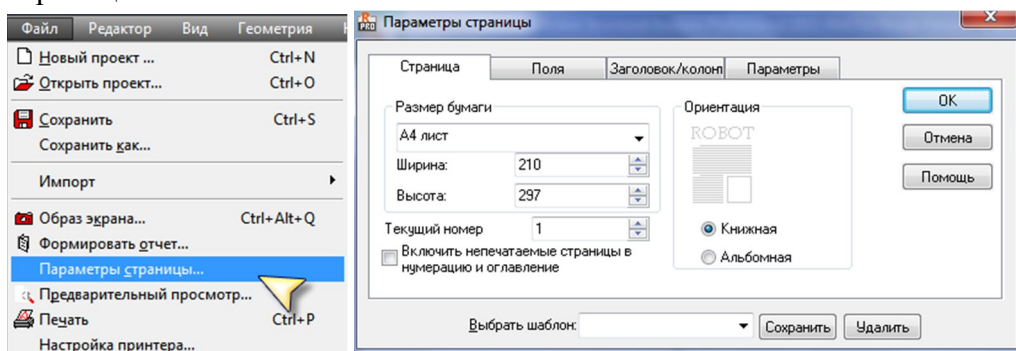
### 3. Настройка рабочего пространства и параметров выходных данных

1. Настроим видовой куб. Перейдите на вкладку Вид -> ViewCube – свойства.



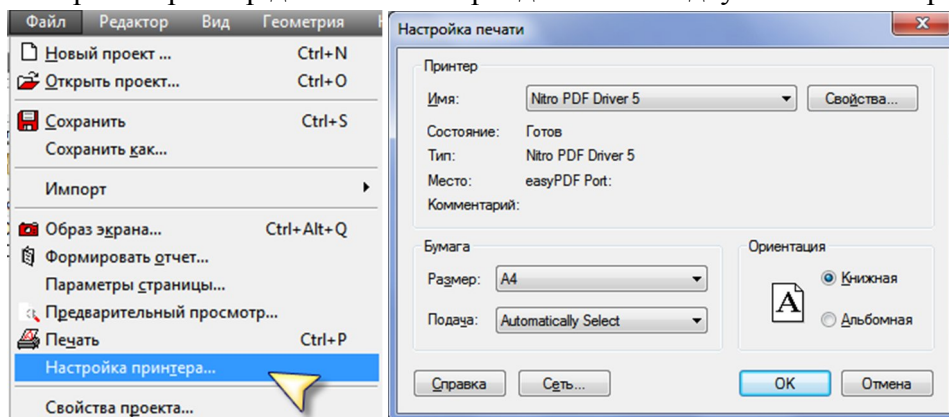
Меняйте необходимые параметры и нажмите клавишу «ок»

2. Настроим параметры страниц отчета. Перейдите на вкладку Файл -> Параметры страницы



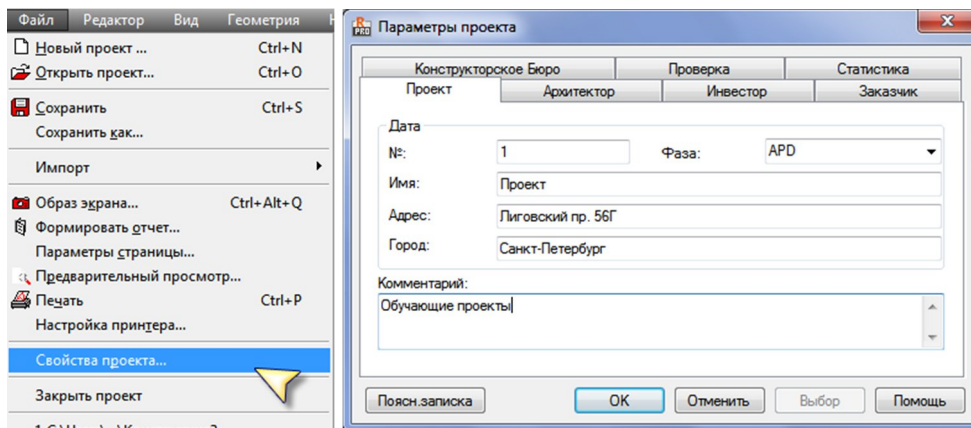
меняйте необходимые параметры и нажмите «сохранить»

3. Настроим принтер для печати. Перейдите на вкладку Файл -> Настройка принтера



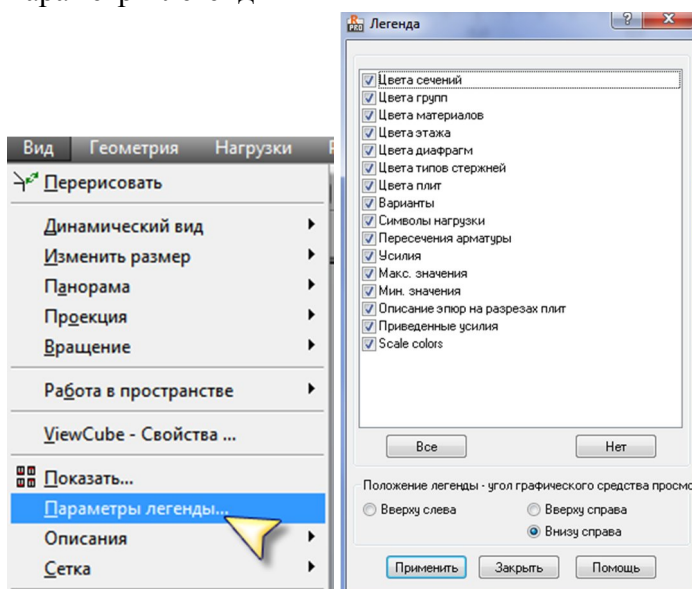
меняйте необходимые параметры и нажмите клавишу «ок»

4. В любом проекте необходимо вписать данные о проектировщике, компании и т.д.. Перейдите на вкладку Файл -> свойства проекта



Отметьте все необходимые данные и нажмите «ок»

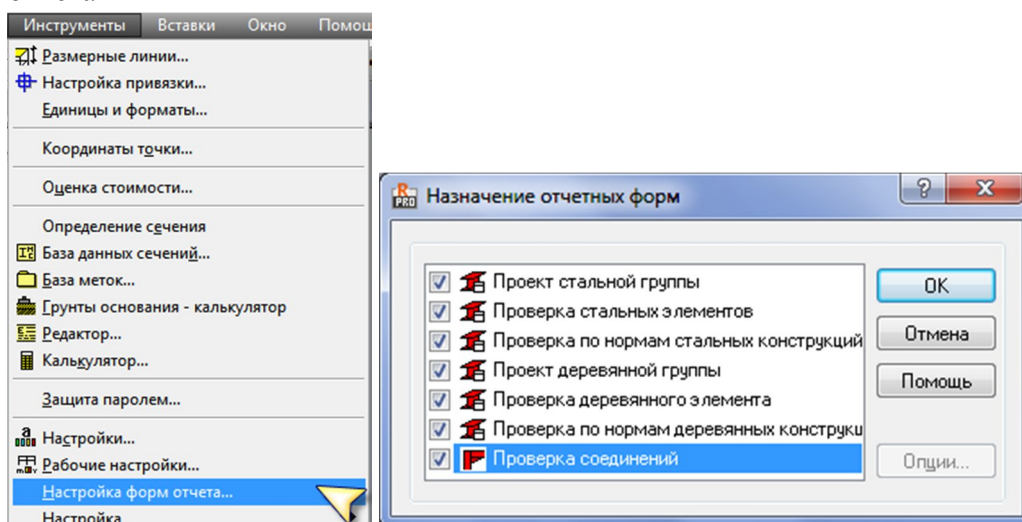
5. Настроим легенду отображения в проекте параметров. Перейдите на вкладку Вид -> параметры легенды



укажите необходимое, затем

«применить» и «закреть»

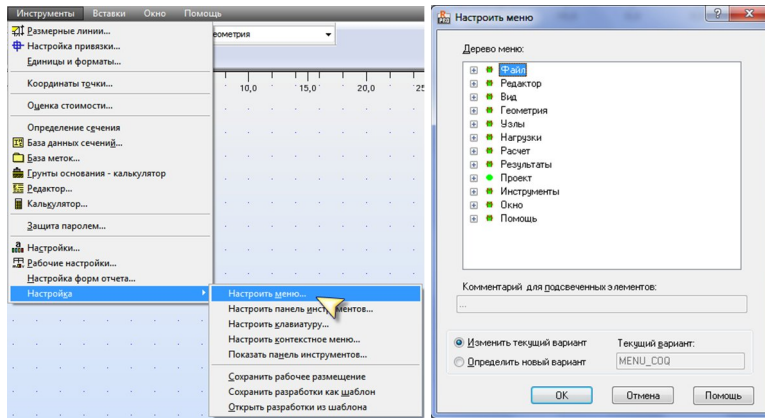
6. Настроим форму отчета. Перейдите на вкладку Инструменты -> настройка форм отчета



Укажите

необходимые параметры и нажмите «ок»

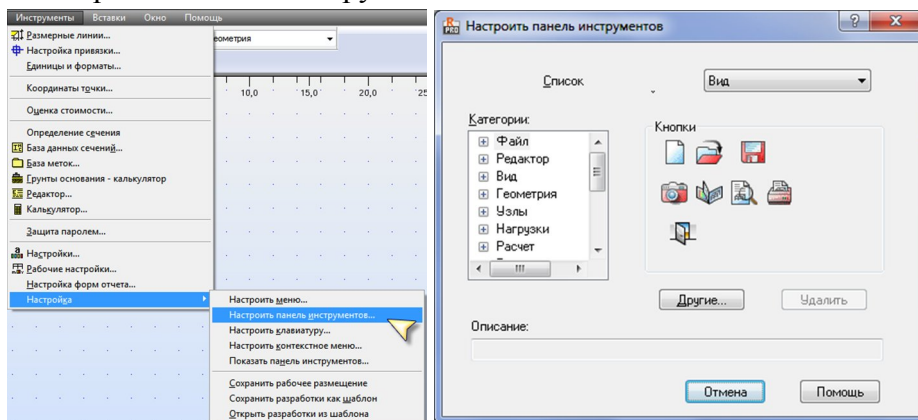
7. Настроим меню. Перейдите на вкладку Инструменты -> настройки -> настроить меню



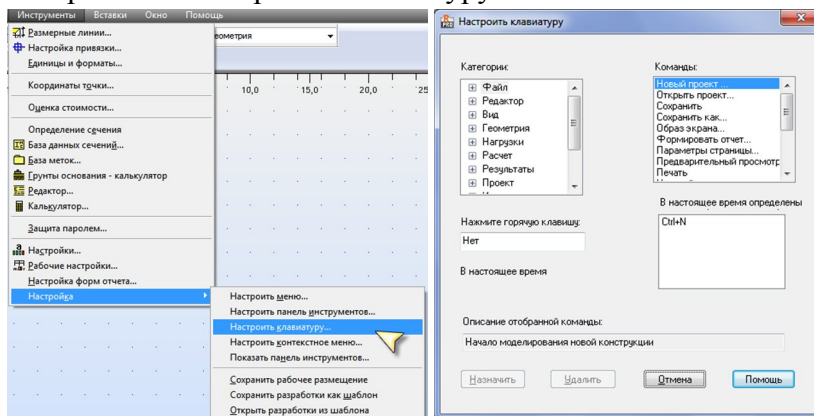
укажите все необходимые

вкладки и нажмите «ок»

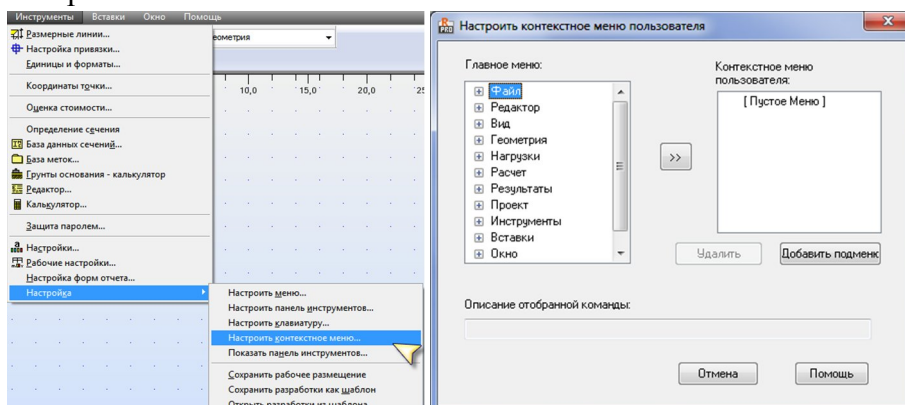
8. Настроим панель инструментов. Перейдите на вкладку Инструменты -> настройки -> настроить панель инструментов



9. Настроим горячие клавиши для команд. Перейдите на вкладку Инструменты -> настройки -> настроить клавиатуру



10. Настроим контекстное меню. Перейдите на вкладку Инструменты -> настройки -> настроить контекстное меню



## 6. Особые виды нагрузок и воздействий. Управление сеткой КЭ

### Содержание

1. Расчет моста на подвижную нагрузку от НК-80
2. Управление сеткой конечных элементов
3. Задание преднапряжения для железобетонных элементов

«Сила действия равна силе противодействия»

III-й закон Ньютона

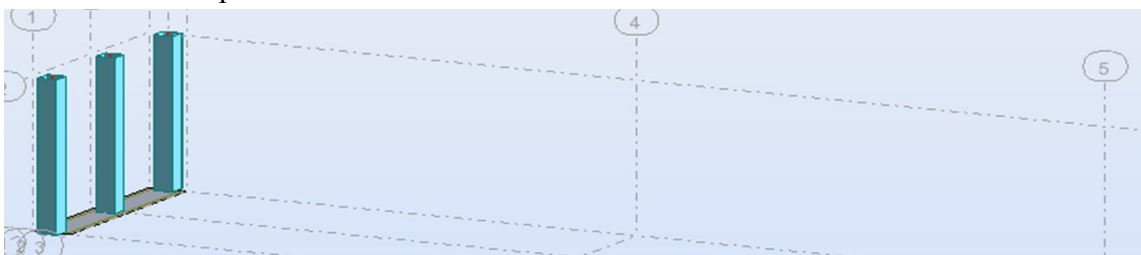
#### Условные обозначения:

ЛКМ – левая кнопка мыши

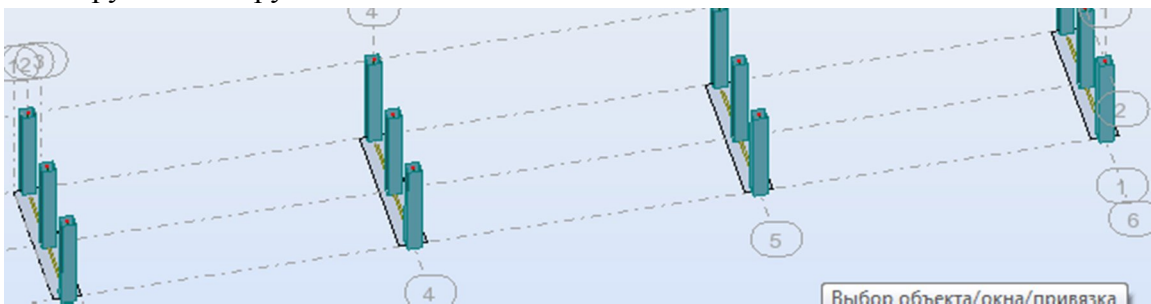
ПКМ – правая кнопка мыши

### 1. Расчет моста на подвижную нагрузку от НК-80

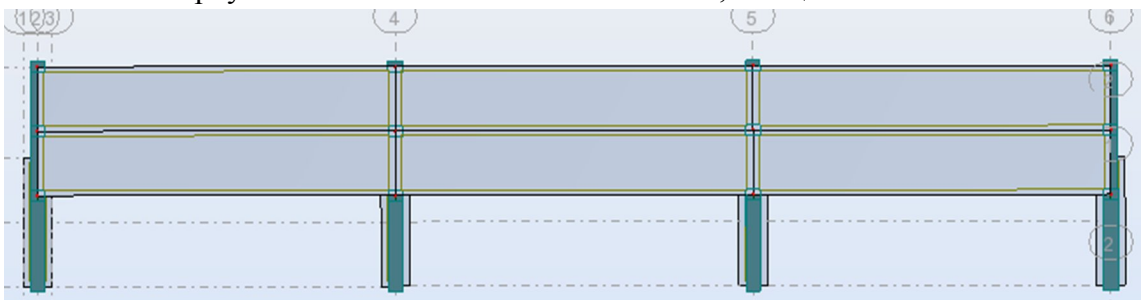
1. Запустите программу Robot. Выберите конструкцию – оболочка. Создайте оси по координате X на расстояниях 0,00; 1,00; 2,00; 26,00; 51,00; 76,00 м, по координате Y на расстояниях 0,00; 6,00 и 12,00 м, по координате Z на расстоянии 0,00 и 8,00 м. Создайте в направлении Y по оси 2 колонны-стойки и железобетона, сечением 100x100 см, создайте в основании колонн плиту постоянного сечения, толщиной 50 см и жестко закрепите её.



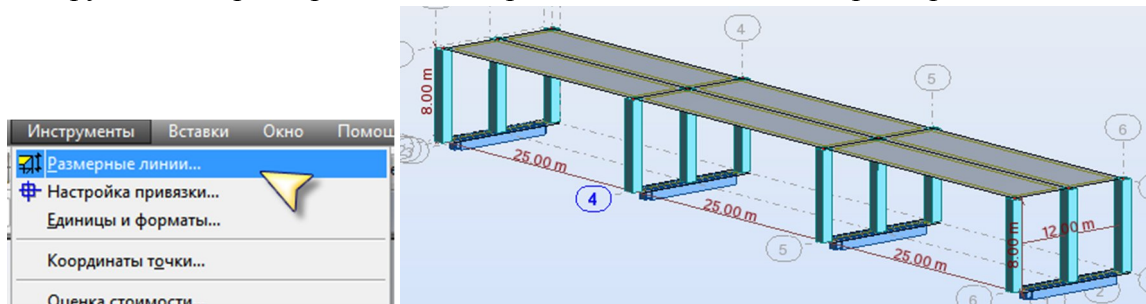
2. Скопируйте конструкцию на остальные оси вдоль оси X



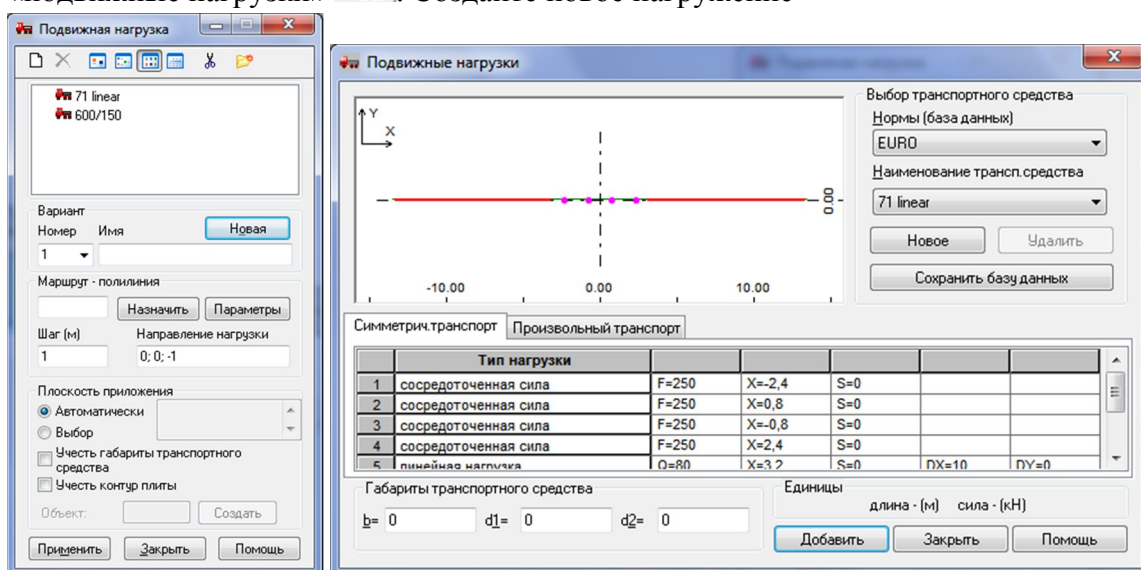
3. Положите сверху моста плиты постоянного сечения, толщиной 50 см



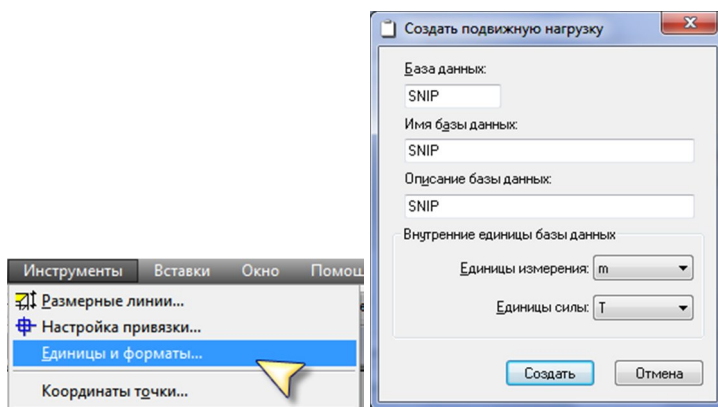
4. Еще одна приятная опция – нанесение размеров. Перейдите на вкладку инструменты -> размерные линии и расставьте необходимые размеры

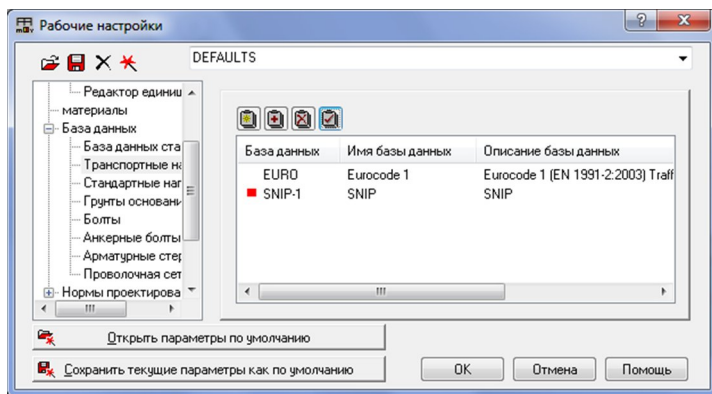


5. НК-80 — нормативная нагрузка, состоящая из одиночной машины на колесном ходу весом 785 кН (80 тс). Для задачи нагрузки на правой панели задаче выберете опцию «временные нагрузки». В открывшейся панели выберите опцию «подвижные нагрузки». Создайте новое нагружение



6. Как видите, нормы не являются российскими. Предлагаю создать свою базу данных. Перейдите на вкладку инструменты -> единицы и форматы. Перейдите в раздел «база данных» -> «транспортные нагрузки» нажмите клавишу «создать новую базу данных». В новом окне введите обозначения SNIP, выберете единицы измерения метры и единицы силы тонны. Нажмите клавишу «создать». В окне «единицы и измерения» нажмите клавишу «установить как текущую базу данных». Нажмите «ОК»



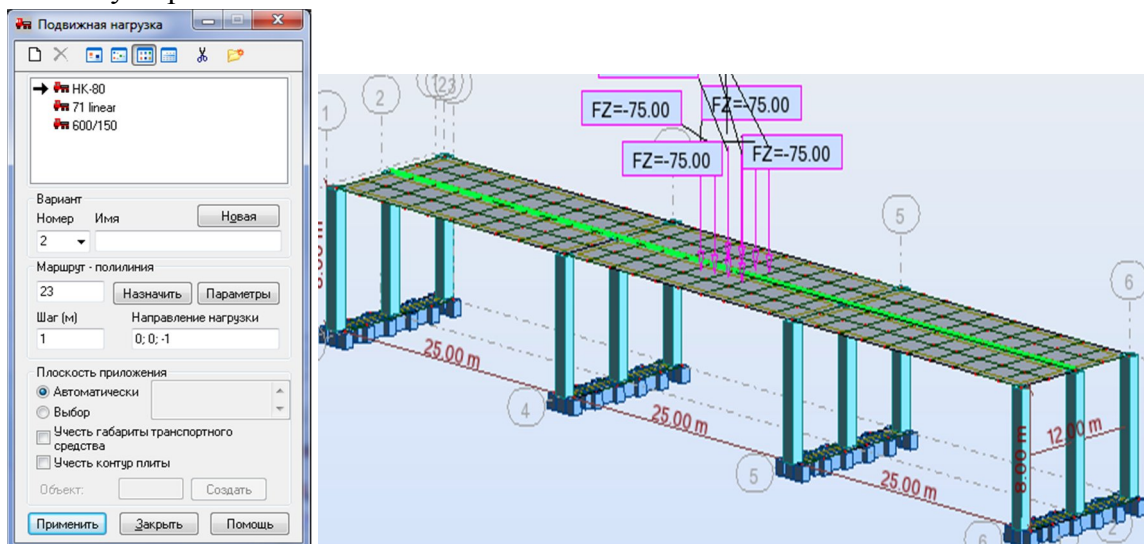


7. Вернитесь к транспортной нагрузке и укажите созданную базу данных. Введите название НК-80 и укажите следующие параметры

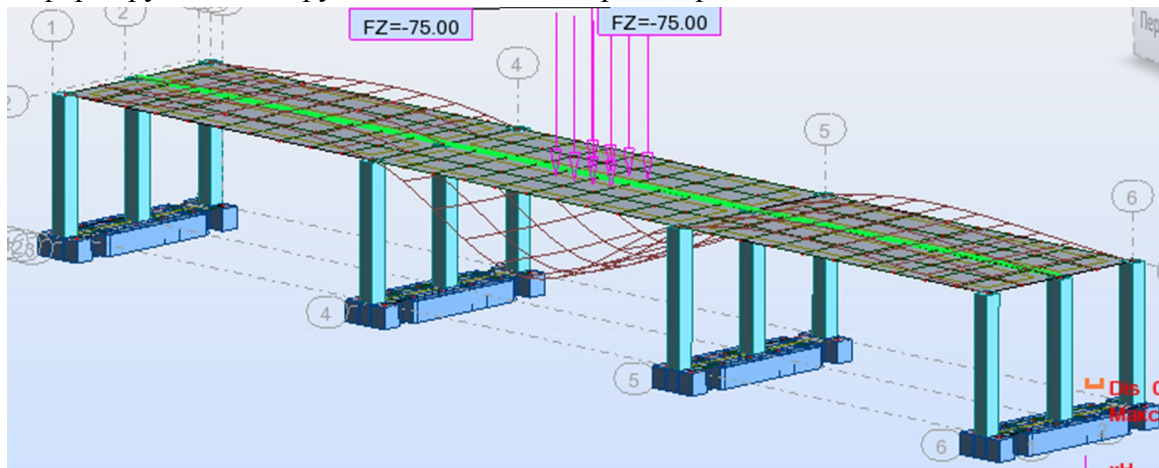



нажмите «добавить» и «закрыть»

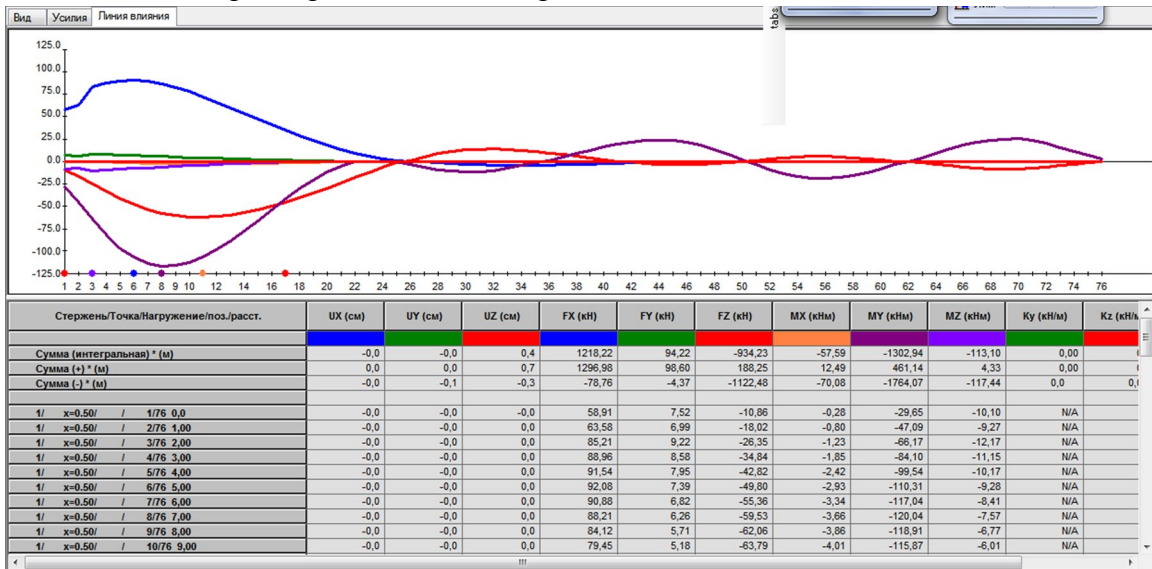
8. В окне «подвижная нагрузка» выберите транспорт НК-80 и нажмите в разделе «маршрут» клавишу «назначить» и проведите линию посередине моста. Нажмите клавишу «применить»




9. Нажмите «расчет». Перейдите к результатам. Обратитесь к вкладке деформация, укажите деформации и нажмите клавишу «старт». Пронаблюдайте за тем, как деформируется конструкция от движения транспорта.



10. Как раз выпал случай определить еще одни характеристики – линии влияния. На правой панели инструментов выберите опцию «линии влияния» . Выберите необходимые параметры и нажмите «применить».

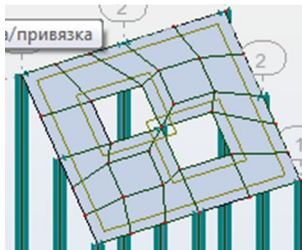



## 2. Управление сеткой конечных элементов

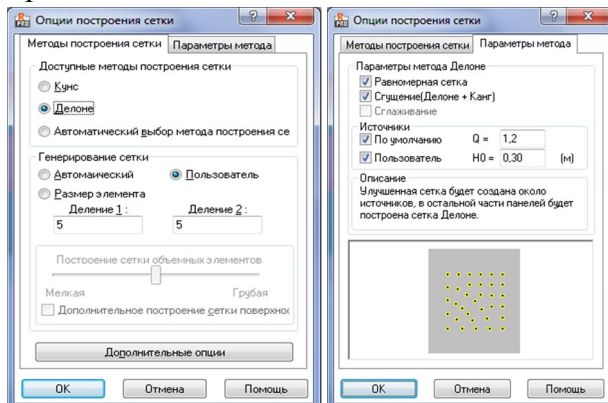
1. Запустите Robot. Создайте произвольную модель. Нажмите на верхней панели задач клавишу «опции генерации сетки КЭ» .



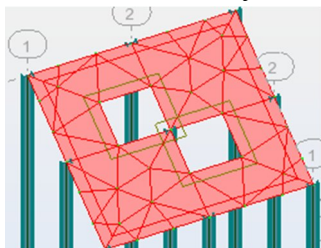
2. Нажмите клавишу «генерирование расчетной схемы» .




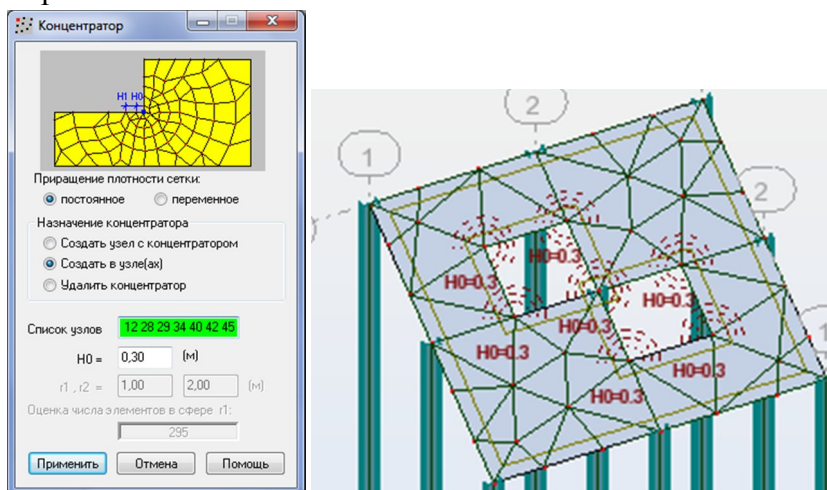
3. Нажмите клавишу «опции генерации сетки»  и обратите внимание на предлагаемые методы деления на конечные элементы






4. Нажмите клавишу «локальное распределение сетки КЭ» 



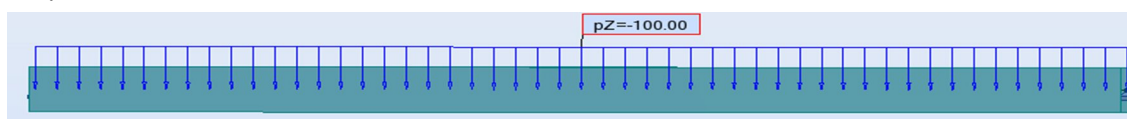
5. Нажмите клавишу «концентратор сетки КЭ» . В новом окне переместитесь в параметры узлов и укажите некоторые узлы сгущения сетки. Нажмите «применить»





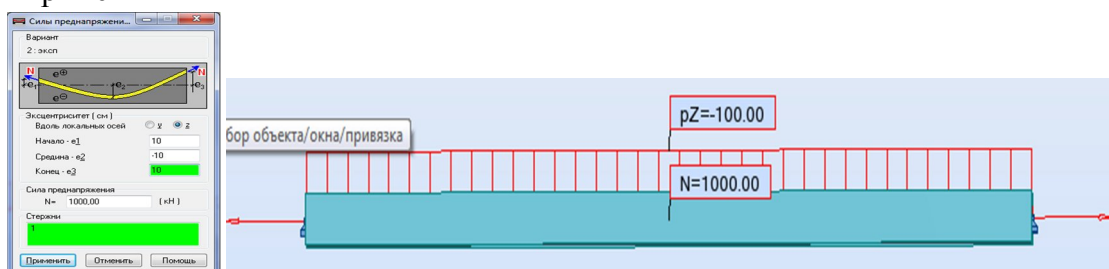
6. Так же перемещайтесь между вкладками «укрупнение сетки» , «сгущения сетки» , «качество сетки» 

### 3. Задание преднапряжения для железобетонных элементов

1. Запустите Robot. Создайте балку сечением 30x40, пролетом 8 м, опертую шарнирно по концам. Создайте равномерно - распределённую нагрузку по  $Z=-100$  кН.



2. Нажмите на правой панели задач опцию «временные нагрузки» . Выберите «создание преднапряжения» . В новом окне отметьте стержень «1» и нажмите «применить»



## 7. Интеграция Robot с другими САПР. Программа подписки:

### Содержание

1. Преимущества подписки
2. Building Information Modeling

«Польза. Прочность. Красота»

Формула Витрувия

#### 1. Преимущества подписки

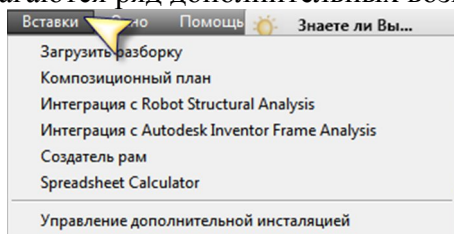
Подписка – это самый рентабельный способ обновления программного обеспечения Autodesk и прогнозирования связанных с этим расходов.

Цель Программы Подписки - помочь пользователям максимально эффективно использовать приобретенное программное обеспечение. Пользователю Подписки предоставляется удобный механизм совершенствования функциональных возможностей продукта, а также пакет услуг и инструментов:

- В течение срока действия Подписки пользователю предоставляются новые версии, обновления и дополнительные модули для продукта.
- Гибкие условия лицензирования позволяют использовать предыдущие версии программ, а также работать в домашних условиях.
- Доступ к дополнительным ресурсам, таким как прямая техническая поддержка от Autodesk через Интернет и пособия для обучения персонала, помогают избежать простоя в проектировании и повышать свою квалификацию без дополнительных затрат.

Подписка Autodesk предлагает решение проблемы управления программным обеспечением: она упрощает управление лицензиями, оптимизирует затраты, минимизирует неудобства, связанные с переходом на новые версии программ

Так же и продукт Robot проходит по предложению подписки. К данному продукту прилагаются ряд дополнительных возможностей, которые отображаются в меню «вставки».



Данные возможности постоянно обновляются с выходом следующих версий. На сайте центра подписки «<http://subscription.autodesk.com>» можно дополнительно загрузить надстройки, библиотеки и т.д.. Программа подписки реализует технологию BIM (Building Information Modeling). С помощью подписки возможна двусторонняя интеграция между продуктами Autodesk.

В целом у подписки следующие преимущества:

Подписка помогает клиентам получать максимальные преимущества от вложений в программное обеспечение Autodesk. Она минимизирует расходы, помогает повышать производительность и предоставляет вашим клиентам конкурентное преимущество. Подписка – это самый рентабельный способ обновления программного обеспечения Autodesk и прогнозирования связанных с этим расходов.

При оформлении Подписки, вы получаете:

Расширение функциональности программных продуктов

- Право получения новых версий и обновлений продукта, выпускаемых в течение срока действия подписки без дополнительной оплаты
- Доступ к дополнительным функциям, модулям и компонентам, расширяющим функциональность продукта

Гибкие условия лицензирования

- Возможность использования предыдущих версий программы
- Возможность установки и использования программы на домашнем компьютере
- Инструменты для контроля и управления лицензиями через веб-сайт

Дистанционное обучение

- Доступ к ресурсам дистанционного обучения, включающим пошаговые интерактивные уроки с практическими упражнениями проверки знаний
- Доступ к материалам курсов университета Autodesk
- Доступ к Базе Знаний Autodesk (более 2 млн. элементов)

Техническая поддержка

- Возможность задать вопрос через веб и получить консультацию напрямую от специалиста службы поддержки Autodesk

## 2. Building Information Modeling

BIM (Building Information Modeling или Building Information Model) — информационное моделирование здания или информационная модель здания.

Трёхмерная модель здания, либо другого строительного объекта, связанная с информационной базой данных, в которой каждому элементу модели можно присвоить дополнительные атрибуты. Особенность такого подхода заключается в том, что строительный объект проектируется фактически как единое целое. И изменение какого-либо одного из его параметров влечёт за собой автоматическое изменение остальных связанных с ним параметров и объектов, вплоть до чертежей, визуализаций, спецификаций и календарного графика.

BIM имеет два главных преимущества перед CAD:

1. Модели и объекты управления BIM — это не просто графические объекты, это информация, позволяющая автоматически создавать чертежи и отчёты, выполнять анализ проекта, моделировать график выполнения работ, эксплуатацию объектов и т. д. — предоставляющая коллективу строителей неограниченные возможности для принятия наилучшего решения с учётом всех имеющихся данных.

2. BIM поддерживает распределённые группы, поэтому люди, инструменты и задачи могут эффективно и совместно использовать эту информацию на протяжении всего жизненного цикла здания, что исключает избыточность, повторный ввод и потерю данных, ошибки при их передаче и преобразовании.

На момент версий 2011 Robot имеет связку с программными продуктами:

1. Autodesk Revit Structure
2. Autodesk Inventor
3. AutoCAD Structural Detailing

## 8. Интеграция Robot с другими САПР. Программа подписки:

### Содержание

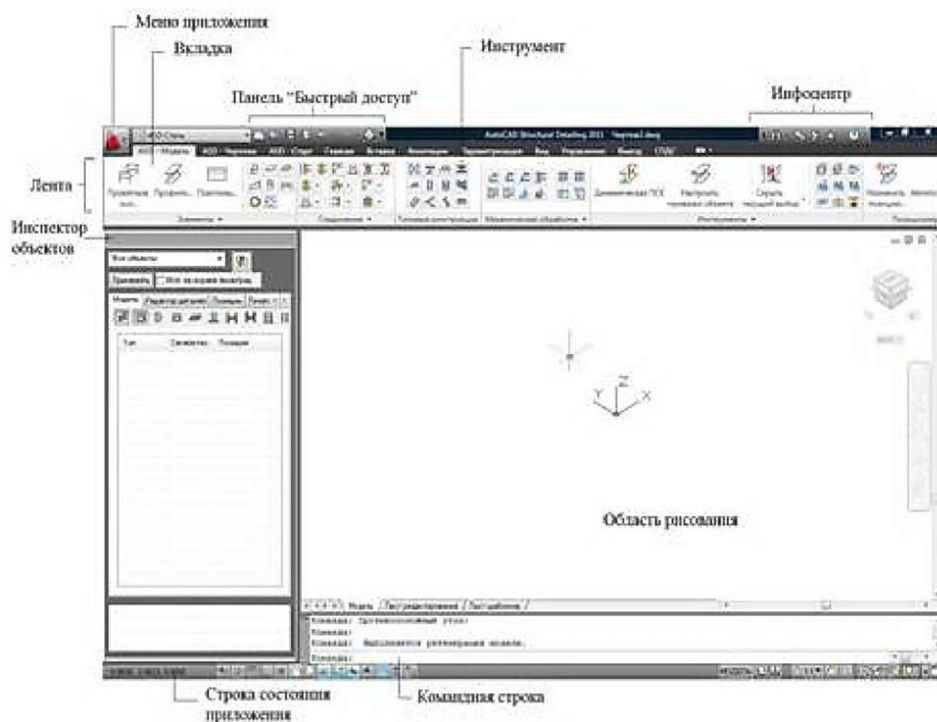
1. Интерфейс программы AutoCAD Structural Detailing (Revit Structure Suite)
2. Генерация рамной конструкции
3. Проектирование элементов
4. Загрузка проекта из RSA
5. Работа с моделью в AutoCAD Structural Detailing
6. Заключение

*«Test-Drive составлен Николаем Адамчуком, доцентом кафедры «Инженерные конструкции и водные исследования» Одесского Национального морского университета»*

### 1. Интерфейс программы AutoCAD Structural Detailing (Revit Structure Suite)

AutoCAD Structural Detailing (далее ASD) состоит из трех частей. Модуль сталь, который нам необходим — один из них. Но возможно, что программа использовалась ранее для других модулей, например железобетона. Т.к. при повторном запуске открывается последний загруженный модуль, то перед началом работы убедитесь в том, что загружен нужный модуль. Запустите программу на выполнение. Интерфейс программы для стали должен выглядеть как на приведенном ниже рисунке. Если это не так, перейдите в меню на вкладку *ASD Старт*, выберите модуль Сталь и откройте новый файл.

Лента автоматически создается при создании или открытии файла. Она содержит все инструменты, необходимые для создания проекта. Ленту можно адаптировать к собственным



потребностям, изменяя состояние ее отображения и порядок панелей, которые содержат инструменты.

Меню приложения. Открывается меню, которое открывает доступ ко многим обычным операциям работы с файлами.

Панель быстрого доступа. На этой панели отображаются команды, позволяющие отменить или повторить (восстановить) изменения в файле. При необходимости на панель можно вынести кнопки операций, наиболее часто вызываемых пользователем.

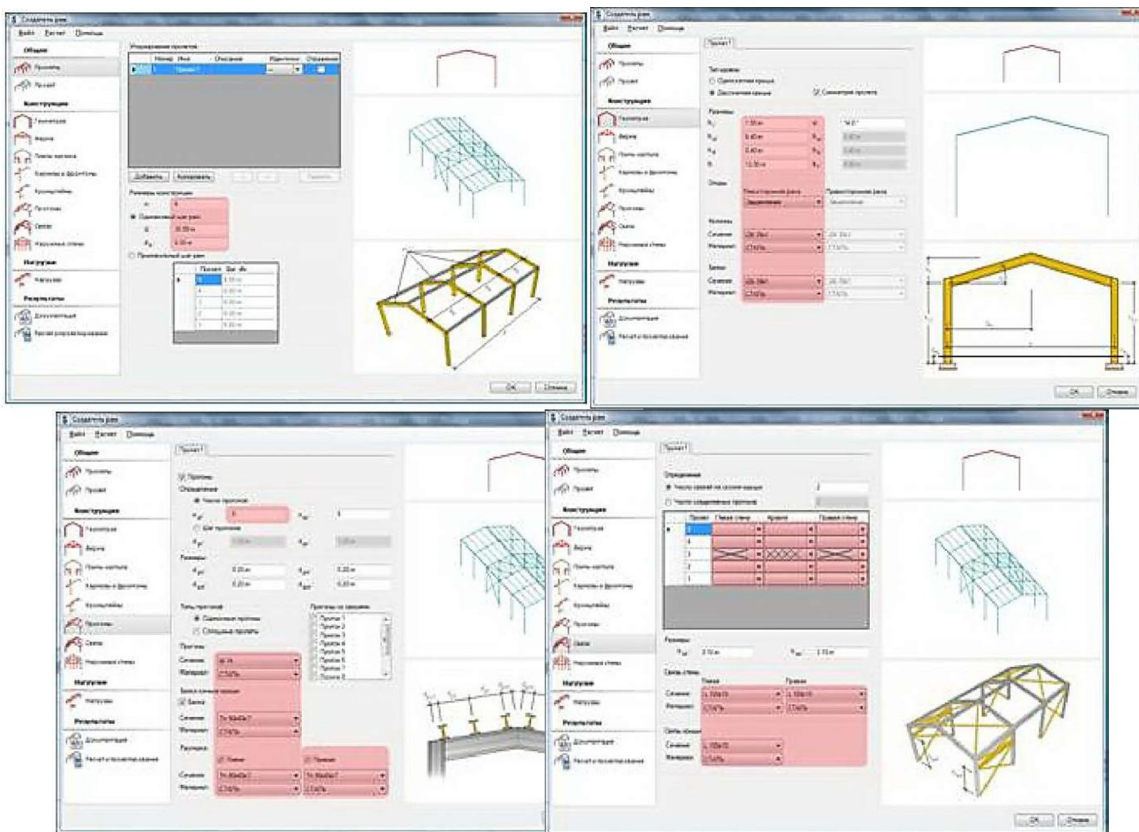
Инспектор объектов. На закладке Модель отображается информация обо всех объектах, создаваемых в модели. Закладки Редактор деталей, Положения, Печать и пр. используются в работе для анализа узловых соединений, подготовке чертежей и выдаче готовой документации. Область рисования.

Область служит для работы с элементами пространственной модели конструкции и чертежами. Командная строка. При использовании ряда инструментов в командной строке появляются запросы и команды по выполняемым операциям. При работе следите за сообщениями в данной строке.

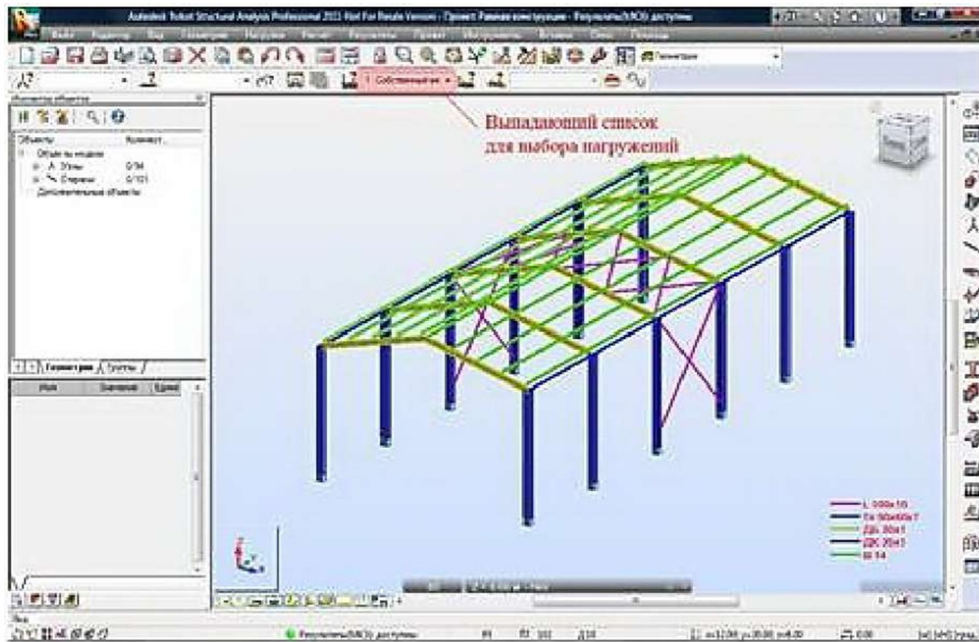
## 2. Генерация рамной конструкции

В данном упражнении создадим рамную конструкцию. Для этого воспользуемся специальной программой-генератором. Запустим ее из меню Вставки->Создатель рам.

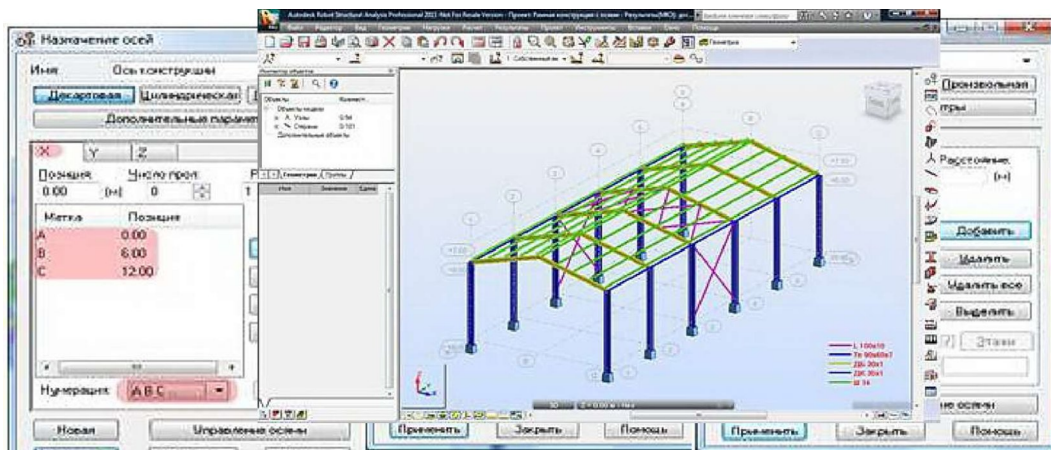
На закладке Пролеты в области Размеры конструкции заполните поля, как показано на рисунке ниже.



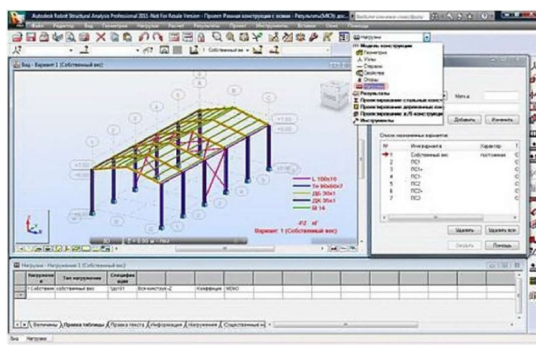
По завершении настройки параметров нажмите кнопку ОК. Диалоговое окно генератора закроется. Как результат получим готовую конструкцию с результатами статического расчета. Автоматически создается нагружение Собственный вес, включающее собственный вес сооружения.



Для удобства работы с моделью, а также с целью последующего использования осей при подготовке чертежной документации создадим координационные оси. Щелкните на кнопке (инструментальная панель на правой стороне экрана или в меню Геометрия->Назначение осей). В открывшемся диалоговом окне построим оси X,Y,Z. Обратите внимание на значение поля Нумерация.



Переключитесь в режим работы с нагрузками и нагрузками. Одновременно будут открыты три окна: окно просмотра, таблица с нагрузками, диалоговое окно Варианты нагрузений.



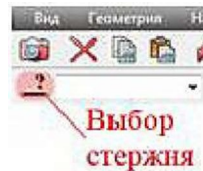
Перейдите в окно Варианты нагружений . В поле Тип выберем пост\_1.05. В поле Имя введем Собственный вес и нажмем кнопку Изменить .

Введем в поле Имя значение Ветер . В поле Тип выберем врем.кр.\_1.4 и нажмем кнопку Новое . Создается новое ветровое нагружение.

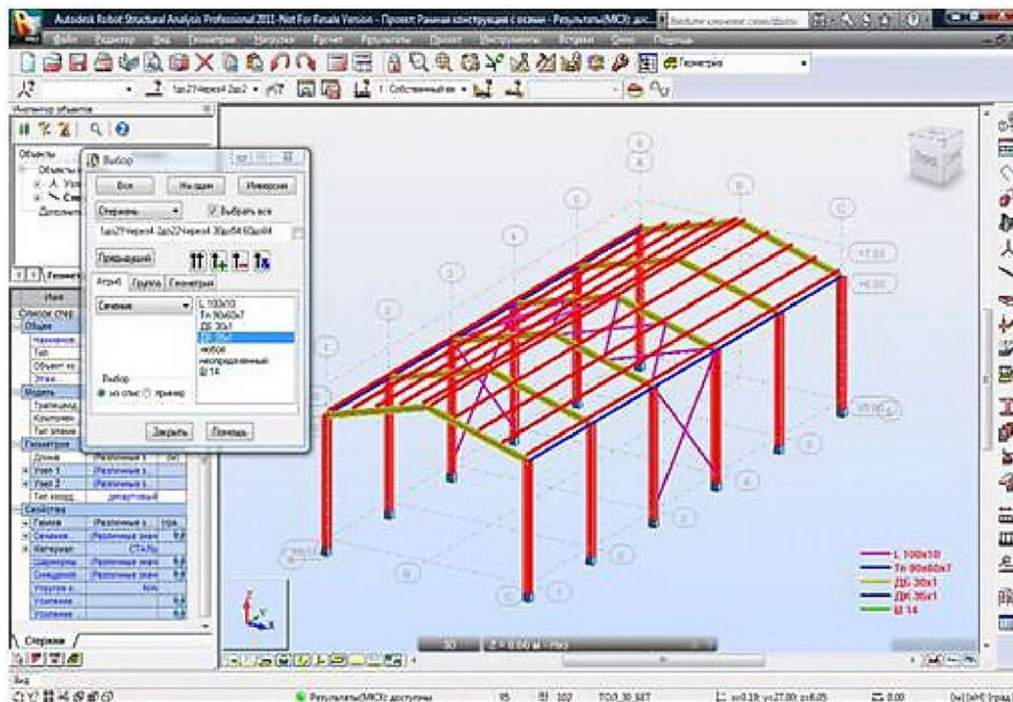
Введем в поле Имя значение Снег . В поле Тип выберем врем.кр.\_1.4 и нажмем кнопку Новое . Создается новое снеговое нагружение.

В программе имеется удобная опция, которая позволяет создать условную плоскость и приложить к ней распределенную нагрузку. Для стержней, лежащих в данной плоскости, автоматически создаются грузовые площади с расчетом нагрузки, приходящийся на стержень.

В данном примере внешняя нагрузка будет передаваться на прогоны (вес кровли, снега) и колонны (ветер). Чтобы было именно так, исключим для остальных стержней возможность передачи нагрузки от условной плоскости.

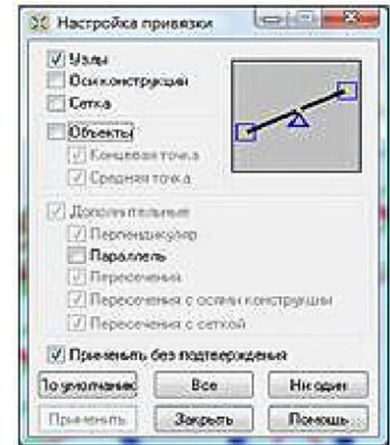
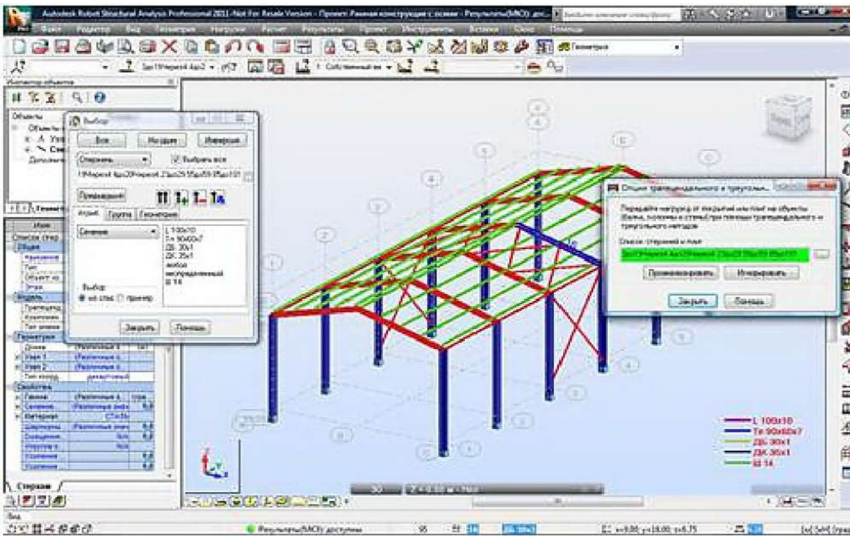


Выберем все стержни, кроме прогонов и колонн. Нужно отметить, что процедура выбора стержней по определенному признаку достаточно часто используется. Поэтому разберем ее подробно. Щелкните на кнопке Выбор стержня. В открывшемся диалоговом окне Выбор выберите сечение, принадлежащее колонне ДК35\*1, и нажмите кнопку Е. Затем выберите сечение прогона Ш14 и нажмите кнопку Е. Как результат будут выбраны колонны и прогоны.



Затем нажмите кнопку Инверсия. Это приведет к тому, что будут выбраны все стержневые элементы кроме уже выбранных ранее.

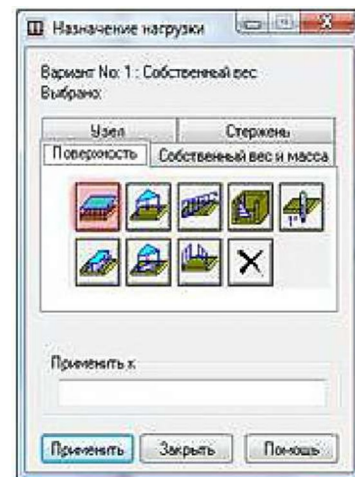
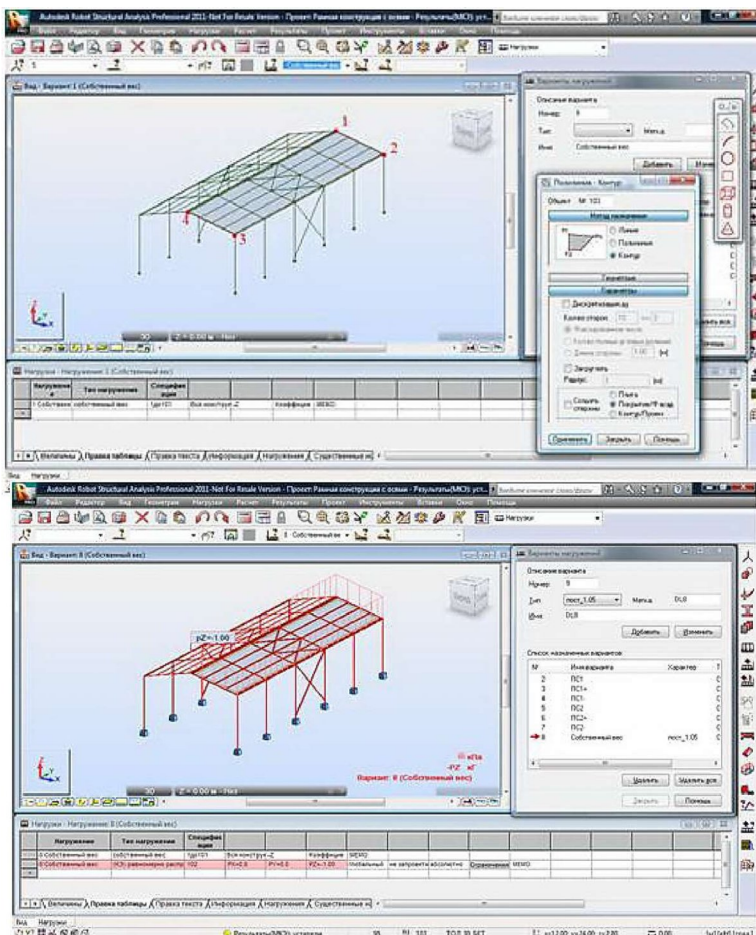
Теперь изменим свойства для выбранных стержней. Из меню Геометрия->Дополнительные атрибуты->Опции распределения нагрузок откройте диалоговое окно, где в поле Список стержней и плит следует ввести номера уже выбранных стержневых элементов. Номера копируются из диалога Выбор в поле Список стержней и плит при помощи сочетаний клавиш CTRL/C (копировать) и CTRL/V (вставить). После ввода номеров стержней нажмите кнопку Игнорировать и закройте текущие окна.



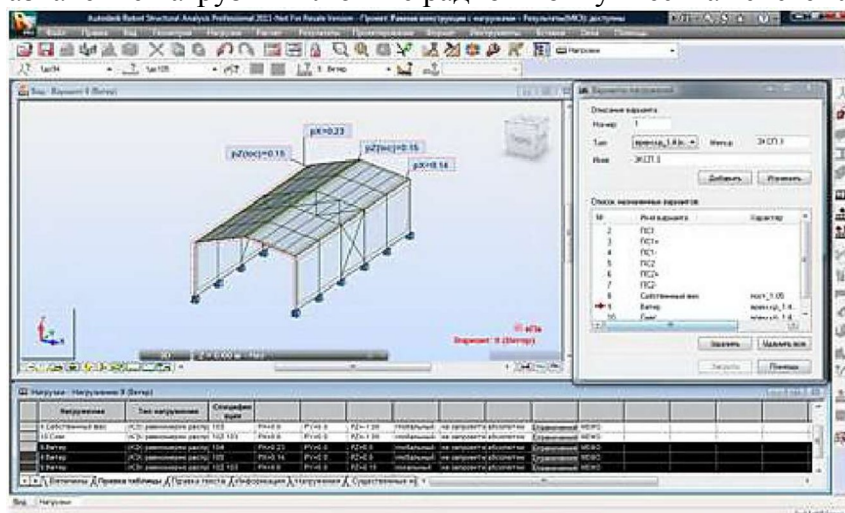
Активизируем Собственный вес как текущее нагружение. На одном из скатов кровли построим условную плоскость (покрытие) и приложим к ней нагрузку от кровли. Щелкните на кнопке Полилиния-контур. В диалоговом окне щелкните на кнопке Параметры и выберите радио-кнопку Покрытие/Фасад. Выберите последовательно точки-узлы будущей поверхности.

Активизируем Снег как текущее нагружение. Для ранее созданных поверхностей, аналогично заданию нагрузки от кровли, приложим снеговую нагрузку такой же интенсивности. После назначения величины нагрузки, щелкните в поле Применить к и выберите обе поверхности сразу.

Активизируем Ветер как текущее нагружение. Как и в предыдущих случаях, создадим две поверхности — для наветренной и подветренной сторон и зададим нагрузку интенсивностью соответственно 0.23 кН/м<sup>2</sup> и 0.14 кН/м<sup>2</sup> по направлению оси X. Ветровую нагрузку на кровлю

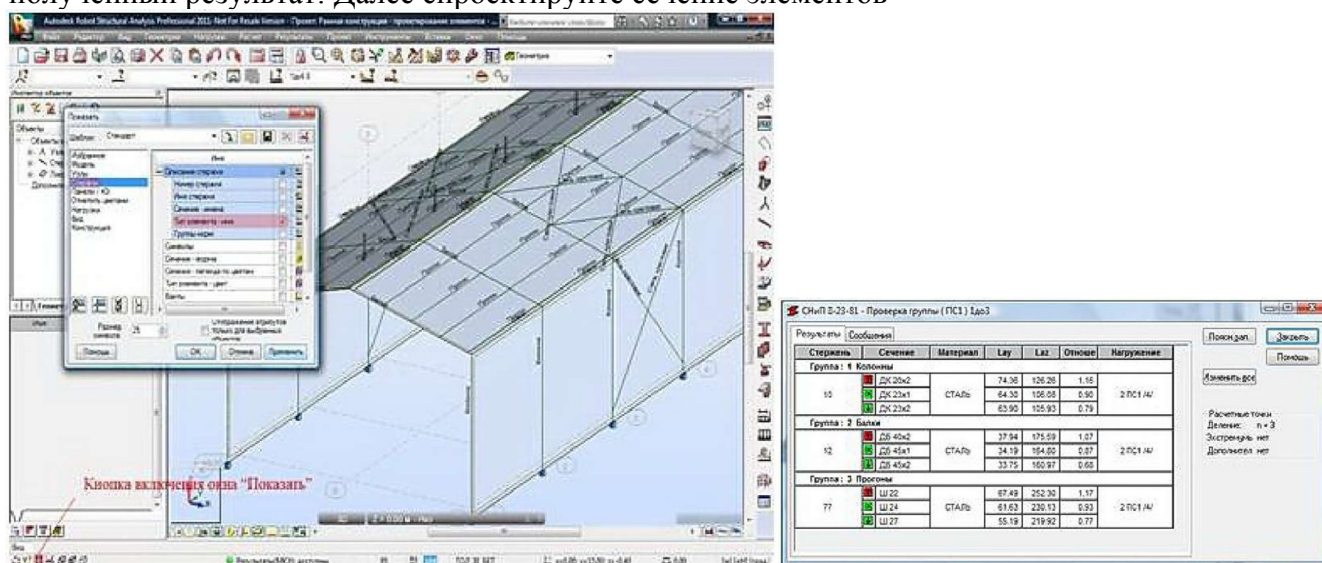


(0.15 кН/м<sup>2</sup>) приложим к созданным ранее поверхностям. При назначении нагрузки на кровлю в диалоговом окне Назначение нагрузки включите радио-кнопку Местная система. Получим:

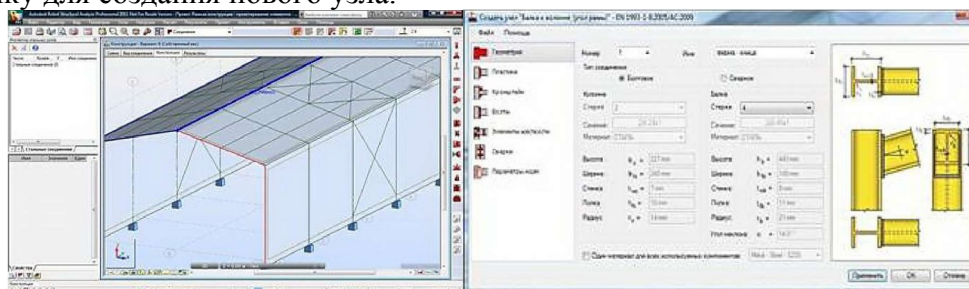


### 3. Проектирование элементов

Назначьте соответствующие типы стержням. Для проверки выполненной работы откройте диалоговое окно Показать, щелкнув мышкой на иконке в левом нижнем углу экрана. Включите флаги: Тип элемента — имя и Тип элемента — цвет. Нажмите кнопку Применить и оцените полученный результат: Далее спроектируйте сечение элементов



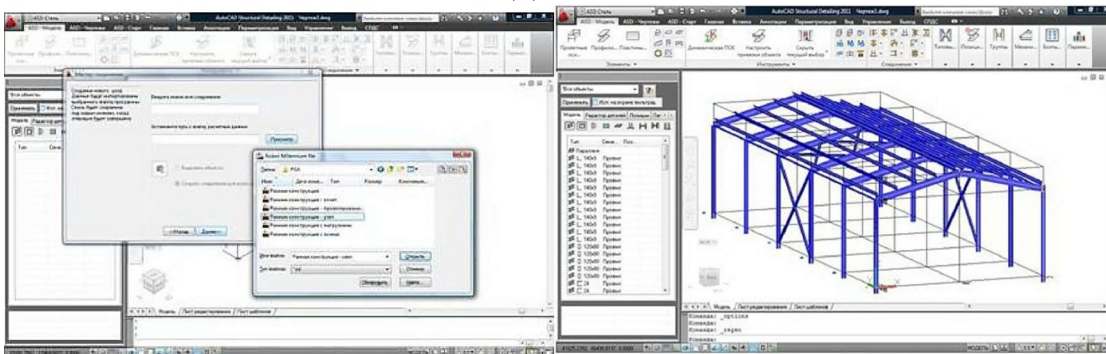
Расчет стального узлового соединения выполняется после запуска соответствующего этапа работы — Соединения в соответствии с европейскими нормами. После включения этапа работы — Соединения выберите два примыкающих стержня — балку и колонну. Нажмите кнопку для создания нового узла.



#### 4. Загрузка модели из RSA

На вкладке меню Инструменты распахните список и выберите Расчет — Robot. Далее, следуя запросам диалогового окна Мастер соединения:

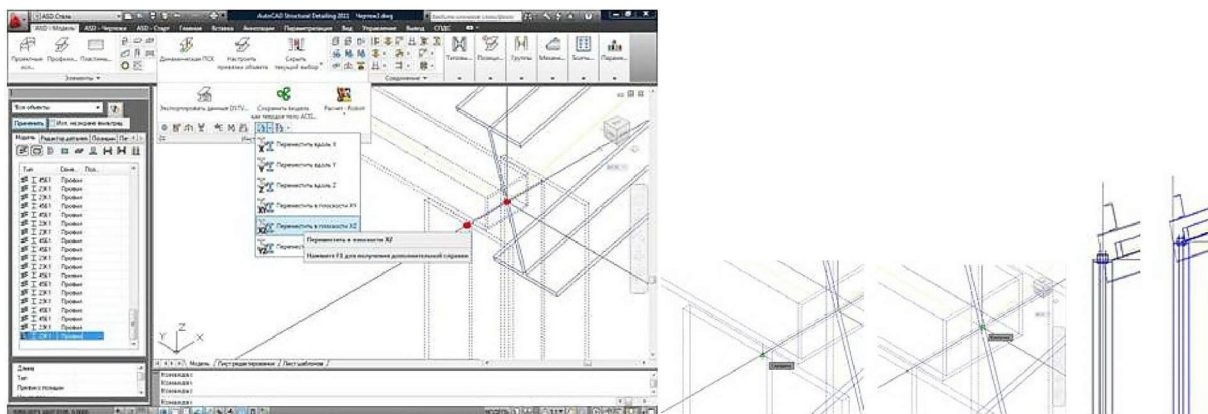
- выберите Создать новую связь и импортировать данные из расчетного файла;
- нажмите кнопку Далее;
- нажмите кнопку Просмотр и выберите расчетный файл, подготовленный самостоятельно и нажмите кнопки Далее и Начать обновление данных.



#### 5. Работа с моделью в AutoCAD Structural Detailing

Построения модели будем выполнять на одной из сторон рамной конструкции. Завершив построение на одной половине, легко получить полную модель путем копирования. Сместим крайний ряд колонн и примыкающие элементы так, чтобы ось проходила по крайней грани колонны:

- щелкните на видовом кубе Перед;
- выберите прямоугольной рамкой колонны и связи, находящиеся на оси А;
- опцией Орбита разверните модель;
- запустите опцию Инструменты->Перемещение в плоскости XZ;
- выберите точку на крайней грани колонны;
- затем выберите точку на оси А.

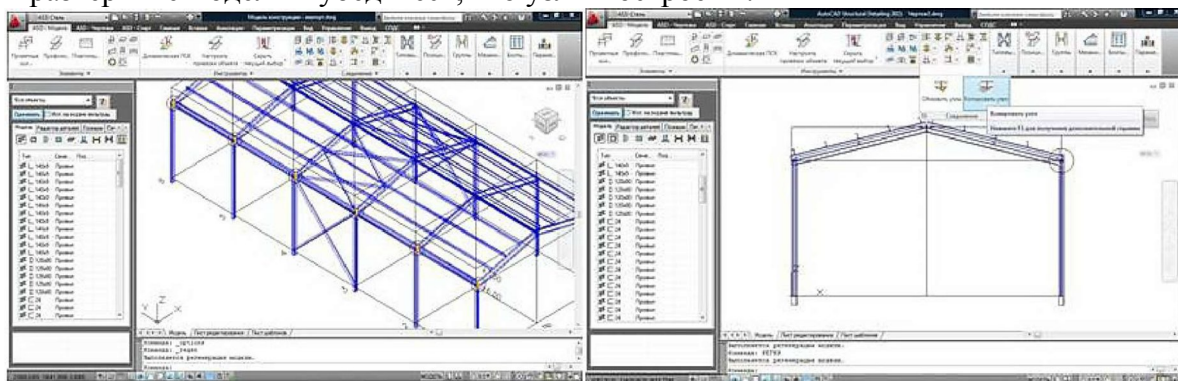


Выполним удлинение колонн примерно 100 мм (точность сейчас не важна):

- в разделе меню Механическая обработка запустите опцию Удлинение;
- в ответ за запрос командной строки выберите Значение;
- введите в командной строке значение 100;
- на предложение в командной строке Выберите профиль, выберите поочередно все колонны оси А, щелкая мышкой в верхней части колонны

В программе имеется обширная библиотека типовых узлов. Она помогает быстро создавать пространственную модель конструкции, существенно облегчает утомительный ручной труд. Один из типовых узлов (фланцевое соединение колонна- балка) уже имеется в пространстве модели. Этот узел был рассчитан и запроектирован при работе в расчетном комплексе RSA. Воспользуемся этим обстоятельством и выполним копирование имеющегося узла. Функция копирования узла позволяет создать аналогичный узел со всеми параметрами для тех элементов, которые имеют сходное положение в пространстве:

- щелкните на видовом кубе Перед;
- в разделе меню Узлы выберите Копировать соединение;
- на предложение командной строки Выберите узел выберите метку типового узла; метка представляет собой окружность в зоне созданного узла (сейчас находится на правой стороне пролета рамы);
- на предложение командной строки Выберите объекты захватите прямоугольной рамкой колонны и примыкающие к ним балки на оси А. Не беспокойтесь, что возможно будут выбраны и другие объекты. Программа создаст типовой узел только в соответствии с положением сходящихся элементов;
- нажмите ENTER;
- разверните модель и убедитесь, что узлы построены.



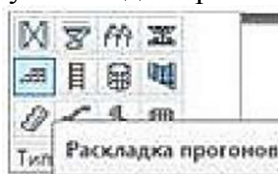
Помимо типовых узлов в программе имеется возможность создания готовых фрагментов конструкций в виде крестовых связей, лестниц различных видов, перильных ограждений и прочее. Опции для выполнения такой работы находятся в разделе меню Параметрические конструкции. Для раскладки прогонов также имеется такой функционал. Его возможности достаточно широкие и удобные. Позволяют решить целый ряд проблем, связанных с раскладкой прогонов: Прогоны, имеющиеся к настоящему моменту не нужны. Их следует удалить. Отсортируйте в Инспекторе объектов все профили по типу, щелкнув на заголовке таблицы Тип. Выберите все профили Ш24 и удалите их.

Удалить можно: нажав клавишу DELETE на клавиатуре или CTRL/X или из контекстного меню выбрать Удалить. Выберите первую и последнюю балки на левой стороне конструкции.

В Инспекторе объектов включите флаг Использовать фильтрацию на экране и выберите из выпадающего списка Текущий выбор.

Нажмите кнопку Применить. Это позволит оставить на экране только нужные стропильные балки, что облегчит процесс построения.

Запустите опцию Раскладка прогонов в разделе меню Типовые конструкции, нажав на кнопку Раскладка прогонов

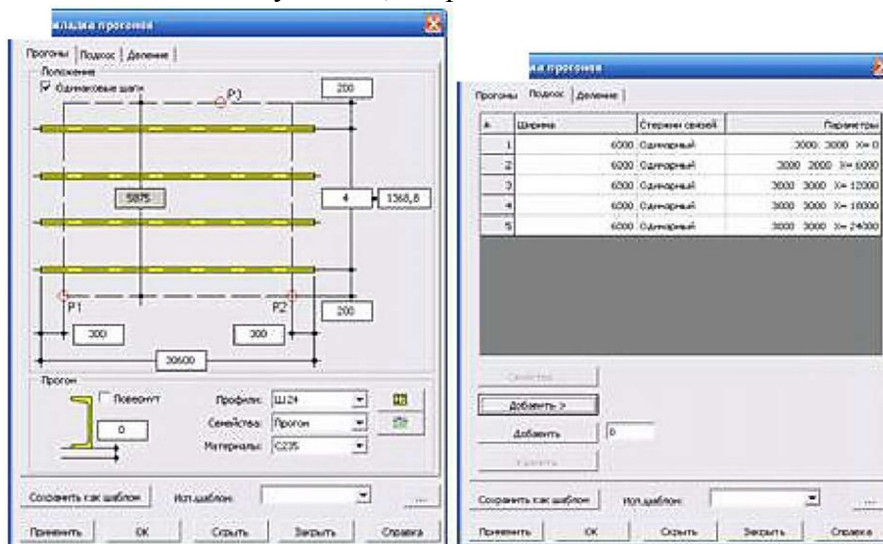


На предложение командной строки Выберите начальную точку первого прогона выберите точку на конце одной стропильной балки в середине ее сечения.

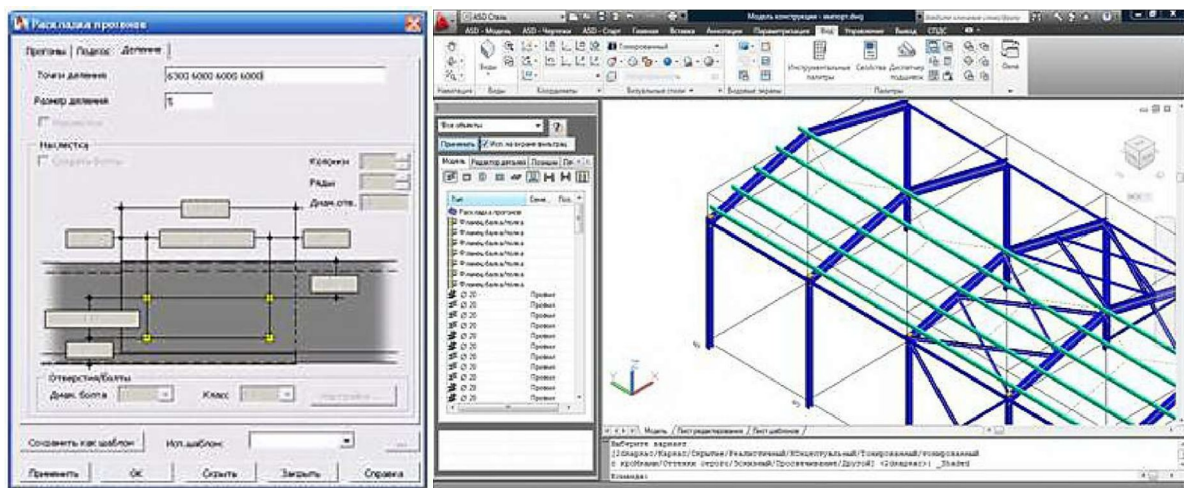
На предложение командной строки Выберите конечную точку первого прогона выберите точку на конце второй стропильной балки в середине ее сечения.

На предложение командной строки Укажите точку последнего прогона выберите точку на противоположном конце второй стропильной балки в середине ее сечения. Все заданные точки определяют плоскость и границы области, в которой будут разложены прогоны.

- Как только точки указаны, открывается диалоговое окно Раскладка прогонов.



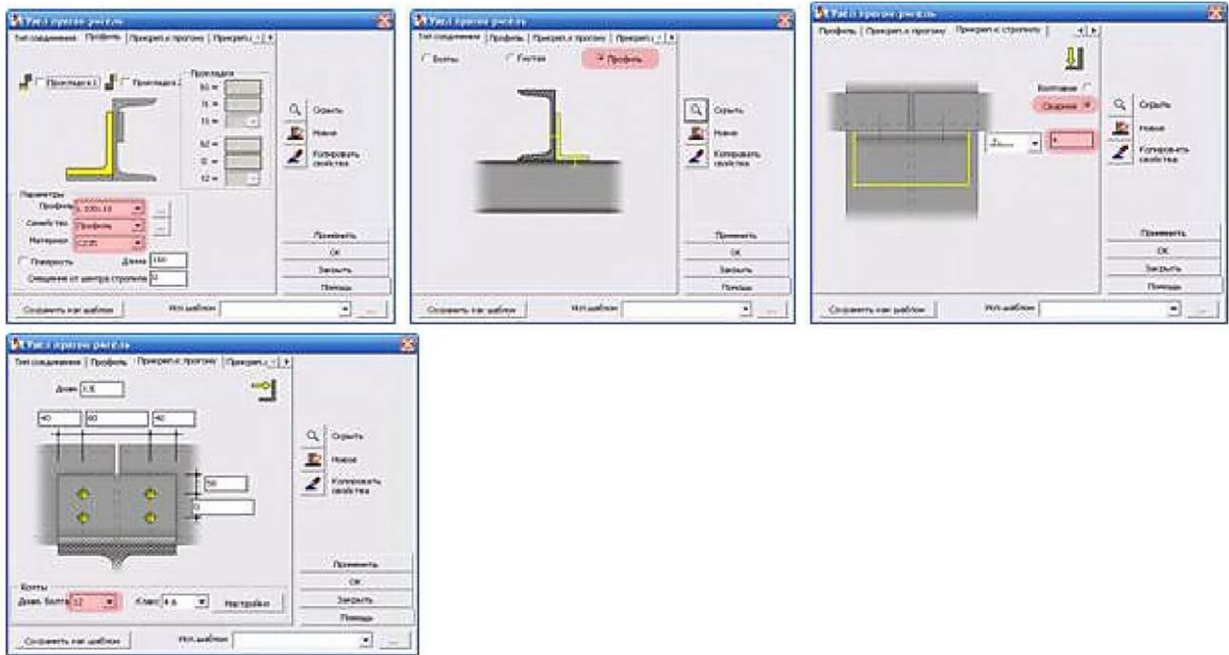
Для создания новых зон введите последовательно значения в поле возле кнопки Добавить: 6000,12000,18000 и 24000, нажимая каждый раз на кнопку. Настройка параметров вкладки Деление:



Для присоединения прогонов к стропильным балкам воспользуемся типовым узлом Прогон к стропилу. Узел доступен в разделе Узлы.

Порядок генерации соединения следующий:

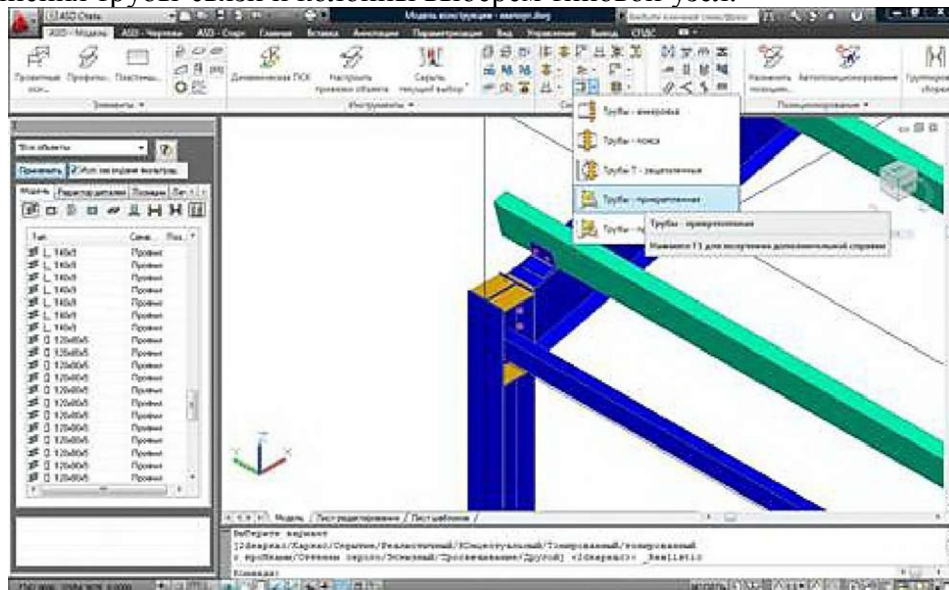
- запустите создание типового узла;
- в ответ на запрос командной строки выберите сначала стропильные балки, по завершении нажмите ENTER;
- далее выберите прогоны, по завершении нажмите ENTER;
- настройте параметры в диалоговом окне.



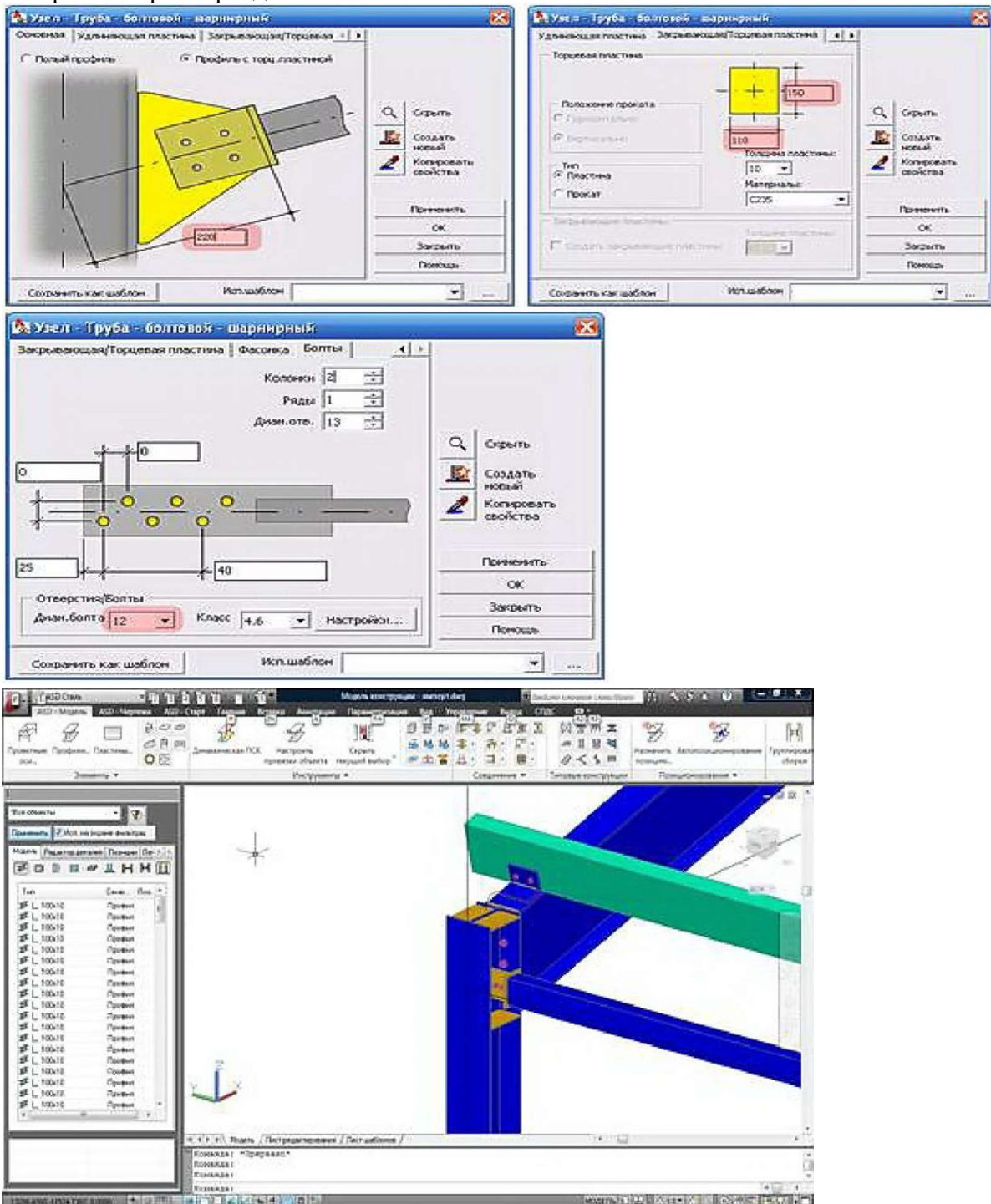
Связевые элементы — это трубы прямоугольного сечения 120\*80\*5. В модели видно, что сечение необходимо повернуть на 90 градусов. Данное действие выполним следующим образом:

- выберем в **Инспекторе объектов** все трубные сечения 120\*80\*5;
- из контекстного меню выберем *Изменить свойства*;
- в открывшемся диалоговом окне в поле *Угол* выберем 90 и нажмем кнопку ОК, все сечения будут повернуты.

Для соединения трубы-связи и колонны выберем типовой узел.



- на запрос командной строки Укажите основной элемент выберите колонну;
- на запрос командной строки Укажите второй элемент выберите трубу- связь;
- на запрос командной строки Выберите ограничение нажмите Enter;
- настройте параметры диалогового окна.



Используя функцию копирования типового узла, создайте такое соединение для других колонн.

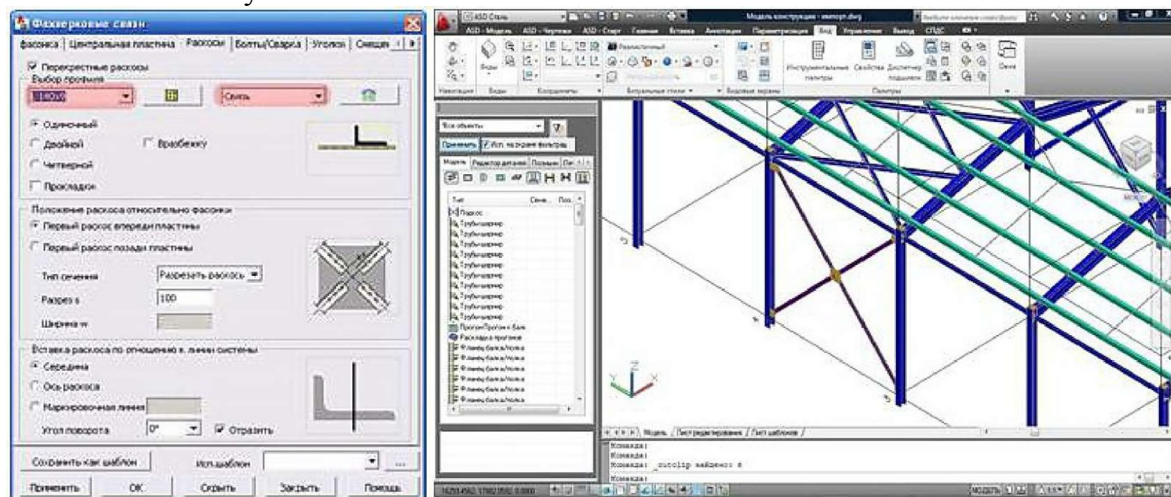
Связи создадим при помощи опции Крестовые связи в разделе ленточного меню Типовые конструкции.

Алгоритм создания связей требует указания вспомогательной линии будущей связи. Такую линию можно прочертить по имеющемуся профилю связи.

Перейдите на закладку меню Главная. Выберите опцию Линия и постройте отрезок линии по оси уголка 140\*9. После этого профили вертикальных связей можно удалить. Они будут построены снова в процессе создания типовой конструкции.

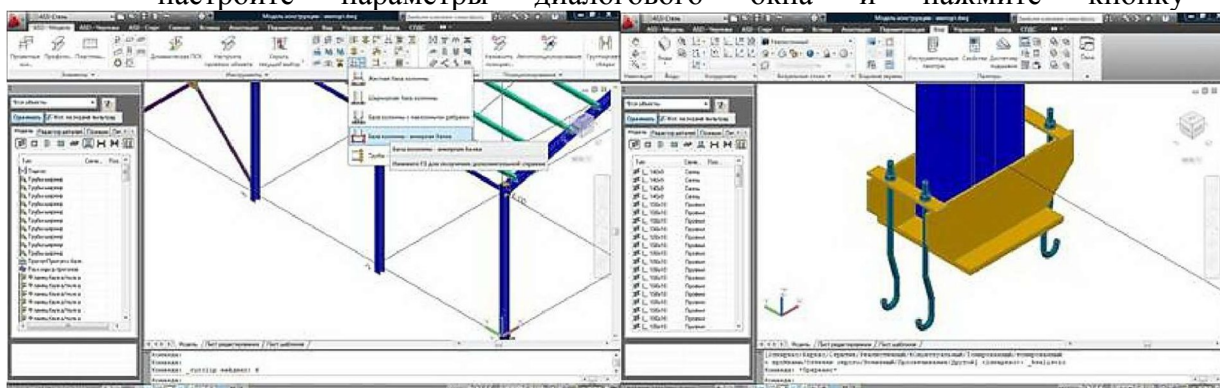
Построение вертикальных связей выполняется следующим образом: — запустите инструмент для создания связей;

- в ответ на запрос командной строки Выберите первую вспомогательную линию связи выберите построенную вспомогательную линию;
- в ответ на запрос командной строки Выберите вторую вспомогательную линию связи нажмите Enter;
- в ответ на запрос командной строки Выберите первую колонну выберите колонну;
- в ответ на запрос командной строки Выберите вторую колонну выберите вторую колонну;
- в ответ на запрос командной строки Ограничения — выберите нижние ребра жесткости узлового соединения колонна-балка; по завершении выбора нажмите Enter;
- в ответ на запрос командной строки Выберите дополнительные вертикальные ограничения нажмите Enter;
- выберите в диалоговом окне сечение связи (уголок L140\*9), используйте семейство Связь и нажмите кнопку ОК.



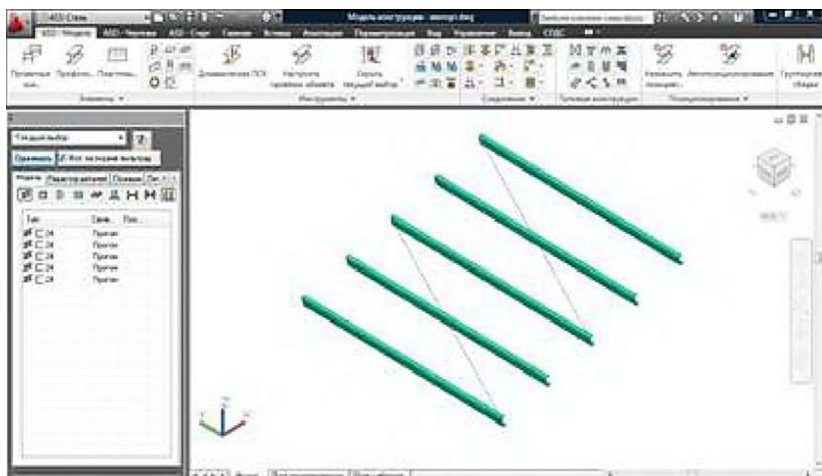
Создадим базу колонны, используя типовой узел:

- в ответ на запрос командной строки укажите нижнюю часть колонны;
- настройте параметры диалогового окна и нажмите кнопку ОК.



- Создайте базы колонн для всех колонн на оси

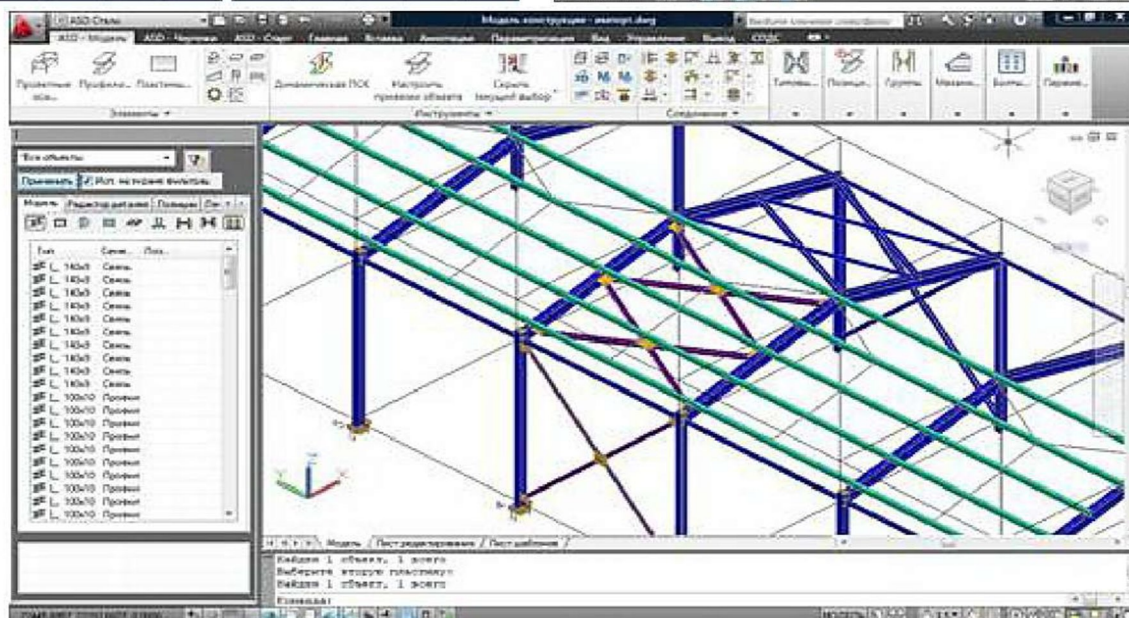
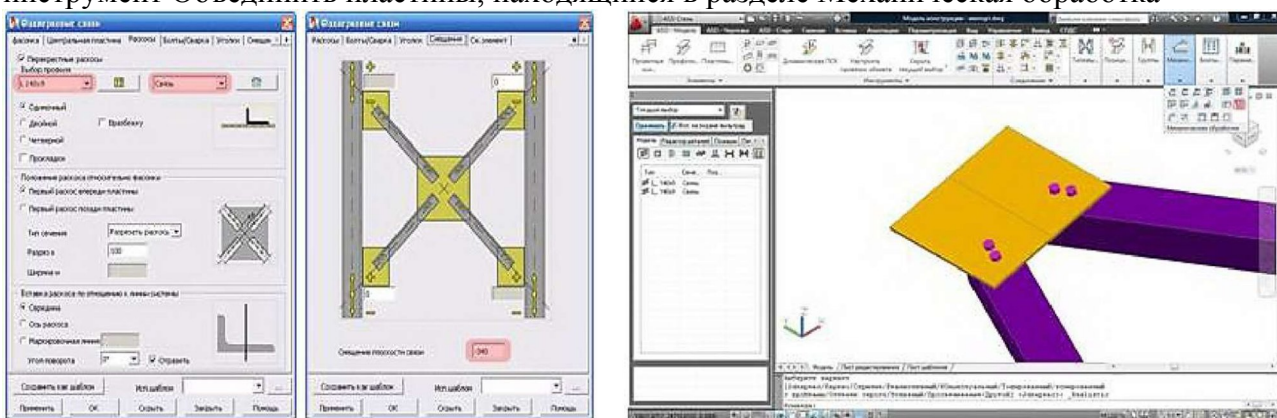
Создаются аналогично ранее созданным вертикальным связям. Только вместо колонн выбираются стропильные балки. Для построения вспомогательных линий можно использовать прогоны.



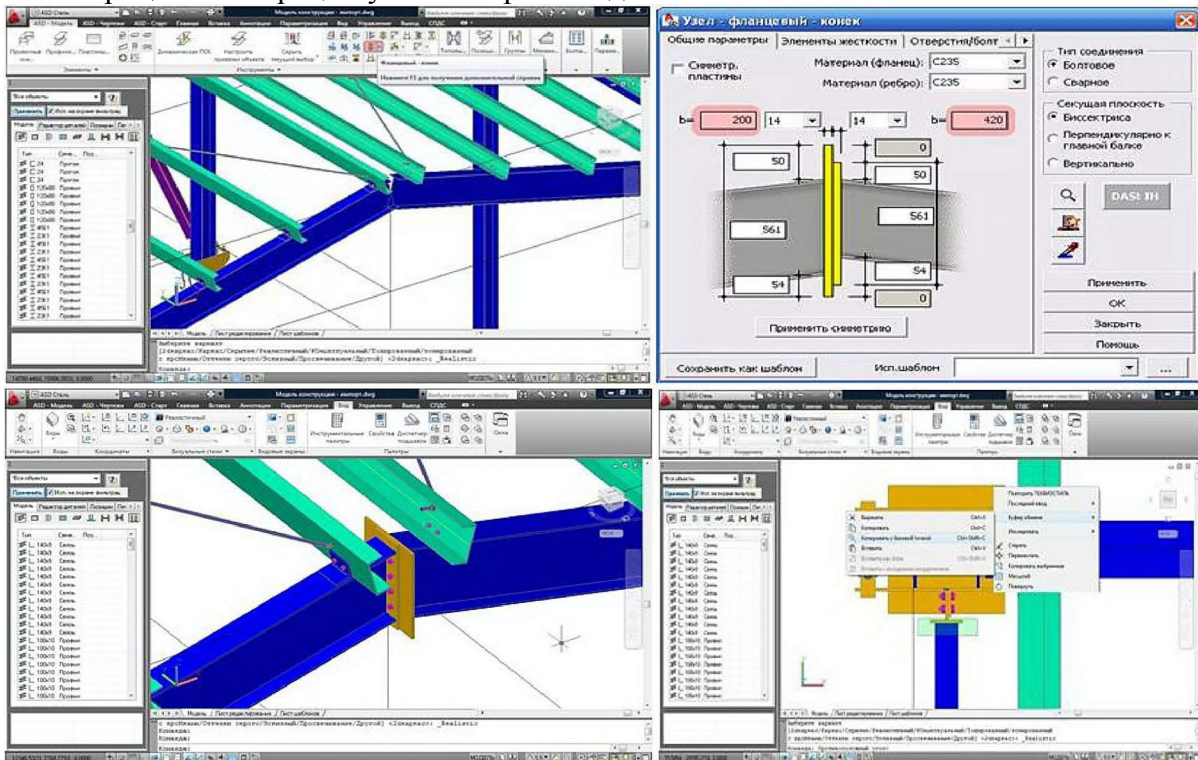
Выберите прогоны в месте размещения горизонтальных связей и постройте вспомогательные линии, как показано ниже на рисунке.

После построения вспомогательных линий существующие связи можно удалить. Постройте связи, используя в качестве колонн стропильные балки. В процессе работы настройте параметры следующим образом:

После построения, для объединения двух пластин соседних связей, можно использовать инструмент Объединить пластины, находящийся в разделе Механическая обработка



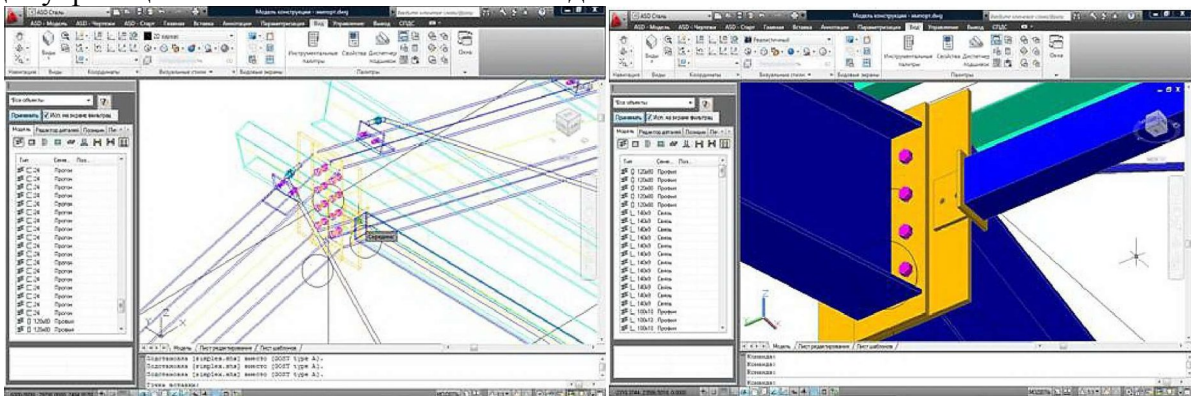
Следует использовать типовой узел. Технология работы аналогична предыдущим случаям. В процессе генерации узла выбираются две балки.



Выполним копирование связи колонна-труба для размещения ее в зоне конька.

Для этого:

- выберите трубу-связь, закрывающую пластину и пластину, примыкающую к ней;
- по правой кнопке мышки выберите из контекстного меню Копировать с базовой точкой (в качестве базовой точки выберите середину пластины соединения, примыкающей к колонне);
- выполните вставку элементов скопированных в буфер, выбрав в качестве точки вставки середину фланцевой пластины конькового соединения

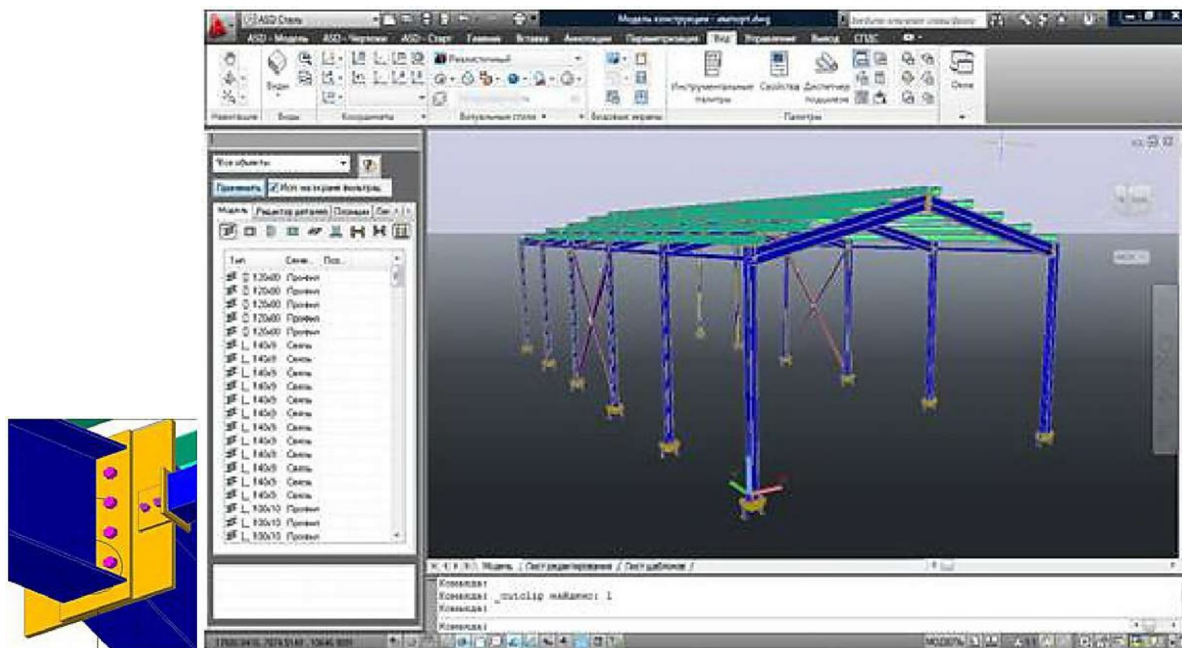


Перенесем отверстия, имеющиеся на пластине на фланец (для этого вызовем опцию Заимствовать отверстия), после запуска на выполнение: выберите отверстия, а затем пластины, где отверстия должны быть;

- вставим болты, используя опцию Болты, после запуска на выполнение следует выбрать пластины, для которых необходимо разместить болты).

Стандартными функциями, например, *Копирования с базовой точкой*, разместите детали узлового соединения связи для остальных элементов.

Получим полную модель:



В рамках программы создается ряд объектов, для которых возможна генерация чертежей. При этом для каждого объекта, назначается свой стиль (алгоритм) генерации.

К таким объектам относятся:

- отдельные детали (профили, пластины);
- отправочные марки (или сборки);
- произвольные группы элементов;
- схемы расположения элементов.

В процессе подготовки модели уже были получены отдельные детали. Список деталей можно увидеть в Инспекторе Объектов на вкладке Модель.

Отправочная марка (или сборка) представляет собой группу элементов, соединенных заводскими соединителями (болтами или сваркой). Создание сборок выполняется в автоматическом режиме. Программа распознает и формирует сборки после нажатия на кнопку Группировать сборки.

В Инспекторе объектов есть кнопка, отвечающая за отображение сборок в списке. Проследите за тем, чтобы она была «утоплена». Тогда сборки видны в списке.

Выберите в Инспекторе любую сборку. Перейдите на закладку Инспектора Редактор деталей. Здесь можно увидеть все «содержимое» сборки — все включенные детали и соединители.

Чертежи создаются только для тех объектов, которым назначена позиция. Пока колонка Позиция в Инспекторе пустая.

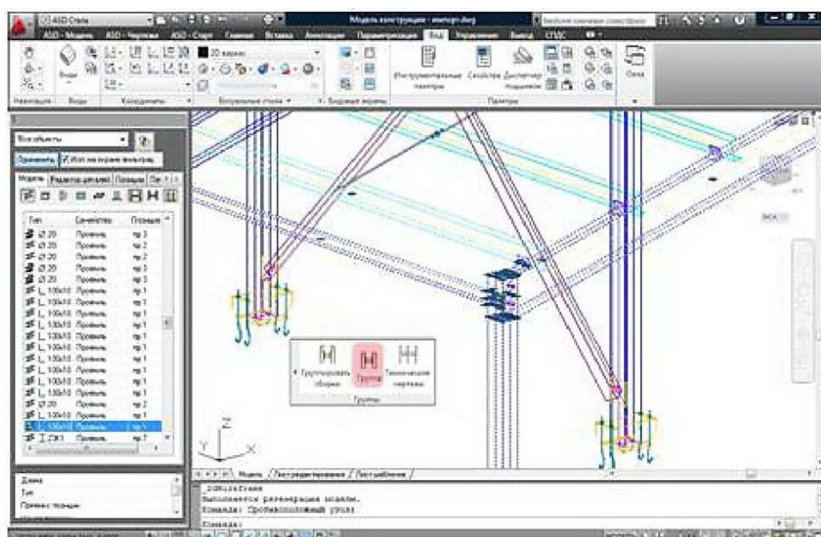
Для создания позиций, щелкните правой кнопкой мышки и выберите из контекстного меню Выбрать все. Затем из меню выполните опцию Автопозиционирование.

Нажмите кнопку Запустить. Всем объектам будет назначена позиция. При этом одинаковым деталям и одинаковым сборкам будет назначена одна позиция. Имена позиций задаются в соответствии с настройками, имеющимися на вкладках Дополнительно и Нумерация, а также префиксов имен заданных в семействах.

Инспектор объектов с деталями, отправочными марками и их позициями приведен ниже на рисунке.

Можно произвольно сгруппировать любые элементы, невзирая на тип соединителя (заводской или монтажный). В процессе создания такой группы ей может быть назначен тип сборки или группа. Если назначен тип сборки, то чертежи будут создаваться по стилю отправочной марки. Если назначен тип группа (стандартный), то чертежи будут создаваться по собственному стилю группы

Выберите угол рамной конструкции, как показано ниже на рисунке..

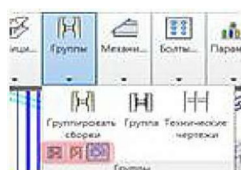


Щелкните на кнопке Группа:

- в ответ на запрос командной строки Группа нажмите Enter;
- по запросу введите имя группы Узел 1;
- нажмите Enter 2 раза;

В Инспекторе объектов появится объект-группа под именем Узел 1.

Для схем расположения элементов следует создать марки, которые в дальнейшем будут размещены на чертежах. Опции для создания марок находятся в разделе Группы.



Создание марок для колонн:

- выберите в Инспекторе объектов все колонны (I 23K1);
- щелкните на кнопке Создание марки для отдельной детали;
- введите в командной строке имя марки K1, нажмите Enter два раза. По завершении диалога в Инспекторе появятся новые объекты.

Аналогично выполните создание марок для балок. Имя марки Б1.

Аналогично выполните создание марок для прогонов. Имя марки П1.

Аналогично выполните создание марок для связей-труб. Имя марки С1.

Создание марок для связей:

- выберите вертикальные связи на одной из сторон конструкции;
- щелкните на кнопке Создание марки;
- введите в командной строке имя марки СВ1, нажмите 2 раза Enter.

Создайте аналогично марки для горизонтальных связей. Имя марки СГ1.

Для создания схемы запустите на выполнение инструмент Технические чертежи.

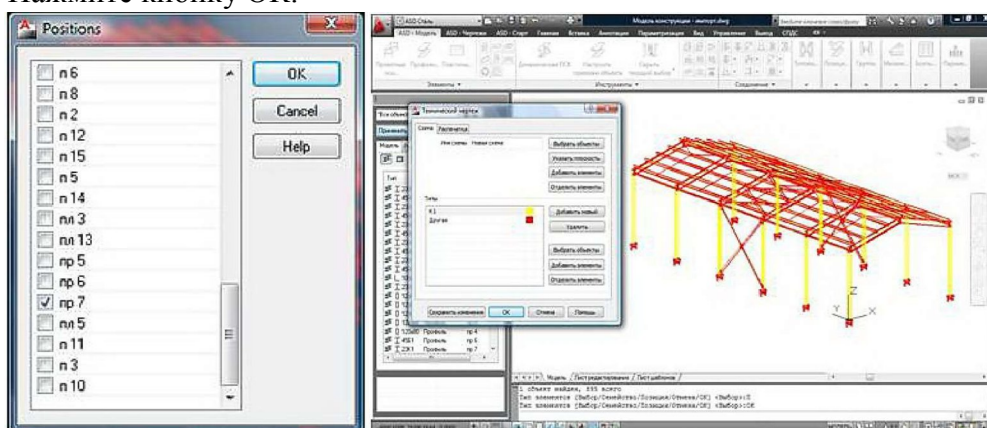
В ответ на запрос командной строки Выберите детали выберите всю модель полностью и нажмите Enter.

В открывшемся диалоговом окне в поле Имя схемы введите Схема конструкции. В разделе Типы нажмите кнопку Добавить новый. В редактируемом поле введите имя К1.

Нажмите кнопку Выбрать элементы. На запрос в командной строке Тип элементов выберите Позиция.

Поставьте флаг возле позиции прб. Это номер позиции, который был назначен колоннам.

Нажмите кнопку ОК.



Выбранные элементы выделяются цветом.

На запрос в командной строке Тип элементов выберите ОК. Данное действие завершает процесс формирования типа К1.

Создайте новый тип Б1 и включите в него все стропильные балки (позиция *пр 6*).

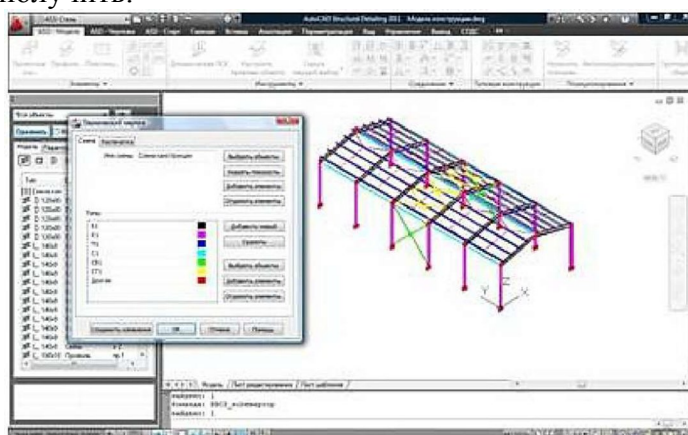
Создайте новый тип П1 и включите в него все прогоны. Прогоны можно выбрать по признаку Семейство.

Создайте новый тип С1 и включите в него все связи-трубы (позиция *пр 5*).

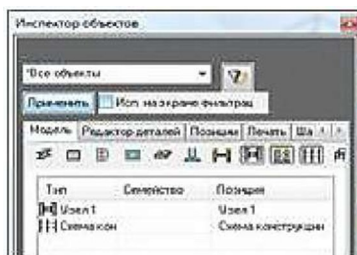
Создайте новый тип СВ1 и включите в него элементы вертикальных связей путем выбора элементов.

Создайте новый тип СГ1 и включите в него элементы горизонтальных связей путем выбора элементов.

В финале следует получить:



Нажмите кнопку ОК для завершения диалога. В Инспекторе объектов появился новый объект Схема конструкции.

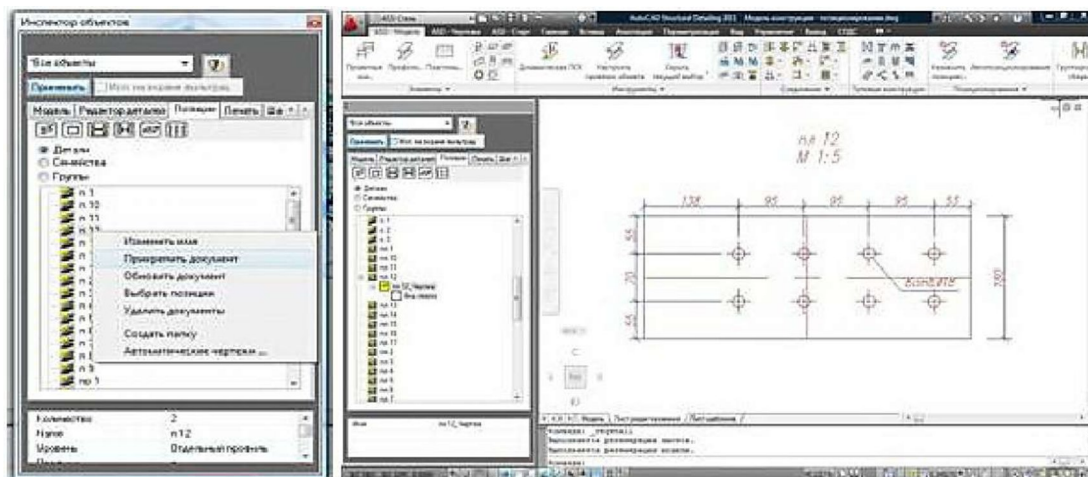


Перейдите на вкладку Позиции в Инспекторе объектов.

Включите радио-кнопку Детали.

Выберите одну из позиций пластин, например пл 12.

Из контекстного меню, по правой кнопке мышки, выберите опцию Прикрепить документ. Из списка предложенных шаблонов, выберите Пластина 1:5.

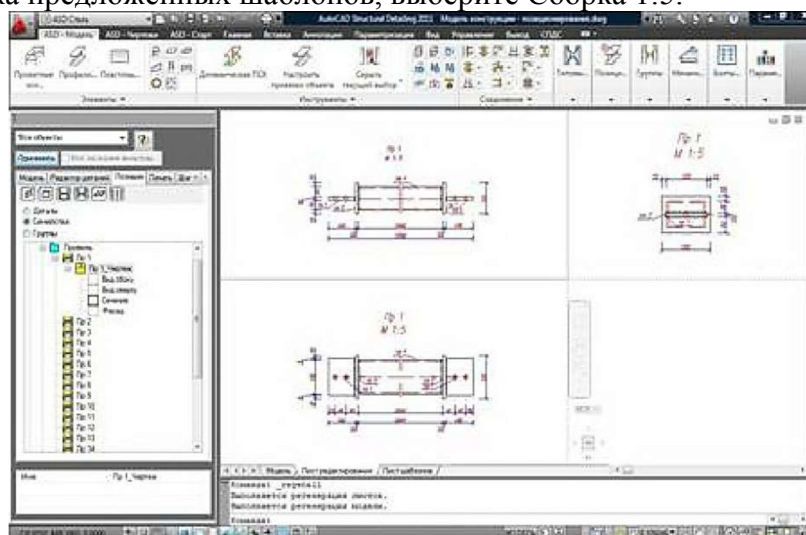


Перейдите на вкладку Позиции в Инспекторе объектов.

Включите радио-кнопку Семейства. Распахните список Сборки -> Профиль.

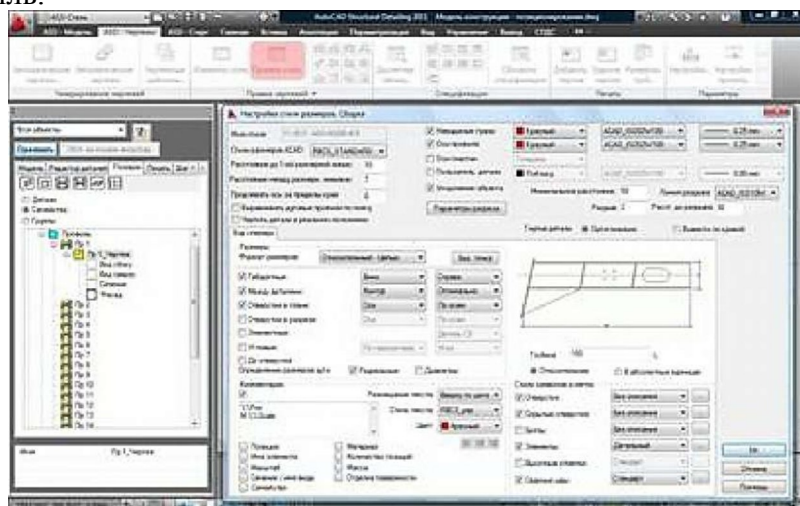
Выберите одну из сборок, например Пр 1.

Из контекстного меню, по правой кнопке мышки, выберите опцию Прикрепить документ. Из списка предложенных шаблонов, выберите Сборка 1:5.



Чертежи генерируются автоматически в соответствии с настройками стиля. Параметры стиля доступны в диалоговом окне, которое можно вызвать из меню ASD — Чертежи, нажав на кнопку Принять стиль.

Щелкните мышкой в одном из видов, чтобы он стал активным. Затем щелкните на кнопке Принять стиль.



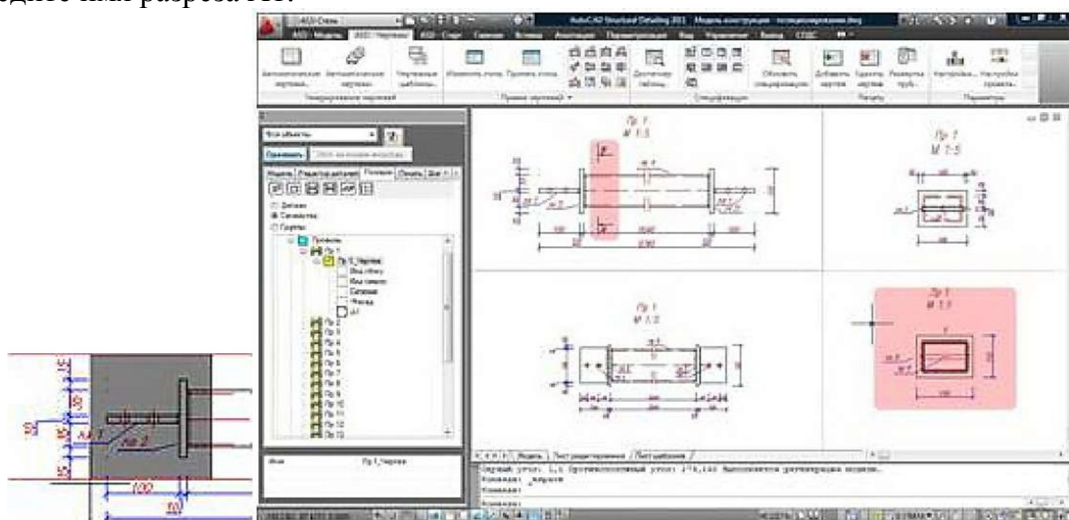
Параметры диалогового окна Настройки стиля размеров. Сборка позволяют управлять процессом генерации чертежа путем включения\выключения соответствующих флагов, настройки стиля марок, отображения размерных линий. После внесенных изменений в параметрах следует нажать на кнопку ОК для автоматического обновления чертежа.

Помимо параметров стиля имеется возможность внесения изменений в чертеж при помощи инструментов Правка чертежей. Опции позволяют:

- размещать марки деталей и сборок;
- размещать высотные метки;
- вставлять обозначения и описания сварных швов;
- создавать детальные виды и разрезы (при наличии соответствующего вида в шаблоне);
- изменять масштаб вида и т.д.

Создадим разрез на продольном виде сборки:

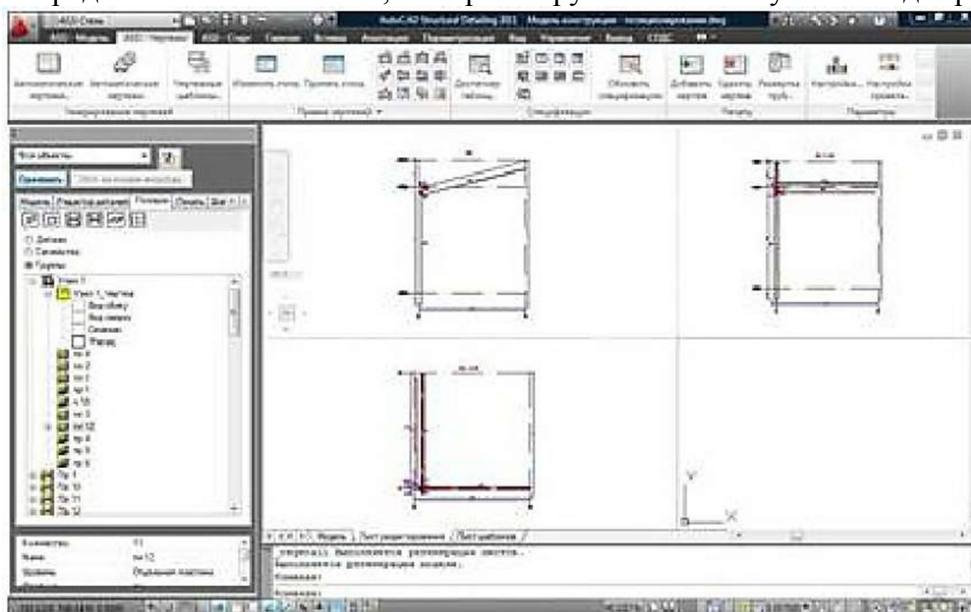
- запустите опцию Добавить разрез;
- укажите на виде начальную и конечную точку разреза;
- затем определите глубину вида;
- введите имя разреза A1.



Перейдите на вкладку Позиции в Инспекторе объектов. Включите радио-кнопку Группы. Выберите группу Узел 1.

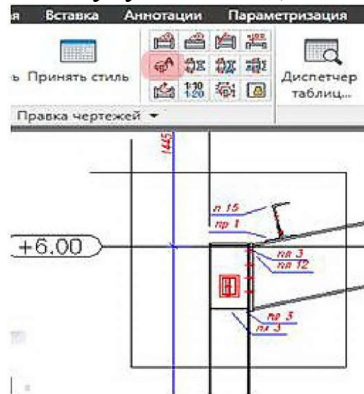
Из контекстного меню, по правой кнопке мыши, выберите опцию Прикрепить документ.

Из списка предложенных шаблонов, выберите Группа 1:20. Получим 3 вида группы.



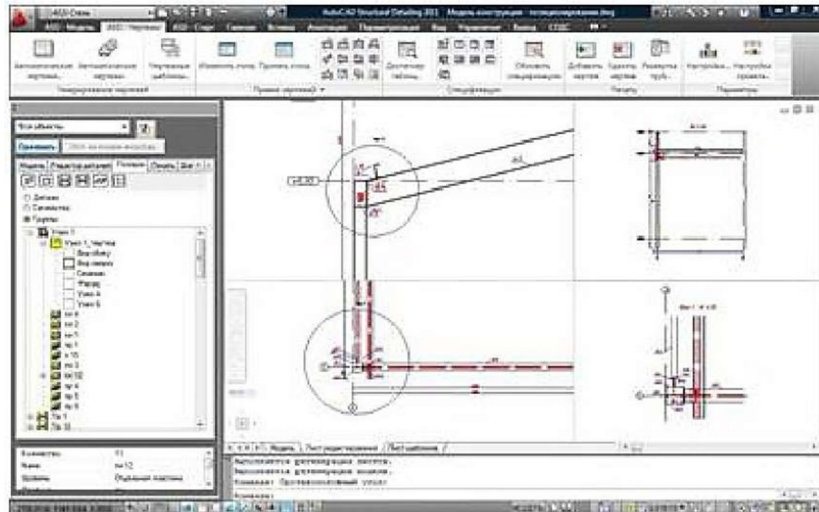
Создадим дополнительный вид с использованием инструмента Детальный вид:

- запустите опцию на выполнение;
- очертите прямоугольную область будущего вида, как показано на рисунке;

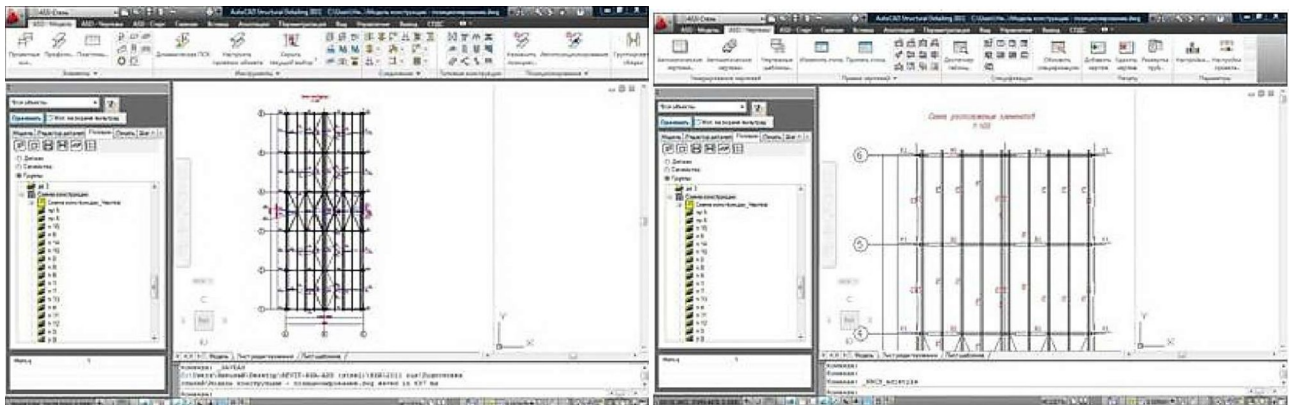


Окончательную доводку чертежа (проставку размеров, выносок и пр.) можно выполнить при помощи стандартных средств AutoCAD. При необходимости сгенерированный блок может быть «взорван» при помощи инструмента. Тогда появляется возможность редактирования каждой линии в отдельности, но делать это желательно при полной готовности модели.

Аналогично подготовьте дополнительный вид — вид узла сверху.

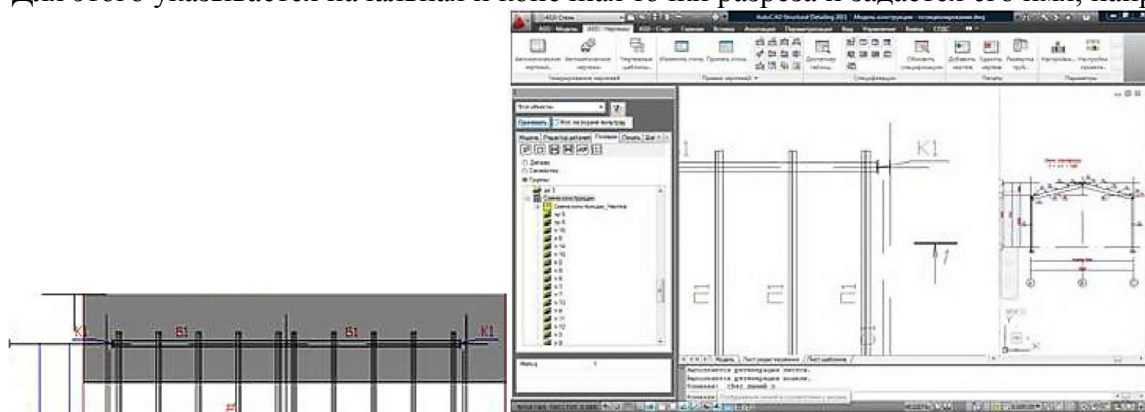


Перейдите на вкладку **Позиции** в Инспекторе объектов. Включите радио-кнопку **Группы**. Выберите схему расположения элементов, созданную ранее как объект **Схема конструкции**. Из контекстного меню, по правой кнопке мышки, выберите опцию **Прикрепить документ**. Из списка предложенных шаблонов, выберите **Схема 1:100**. Получим чертеж **схемы**:



Создадим три характерных разреза при помощи опции *Разрез*.

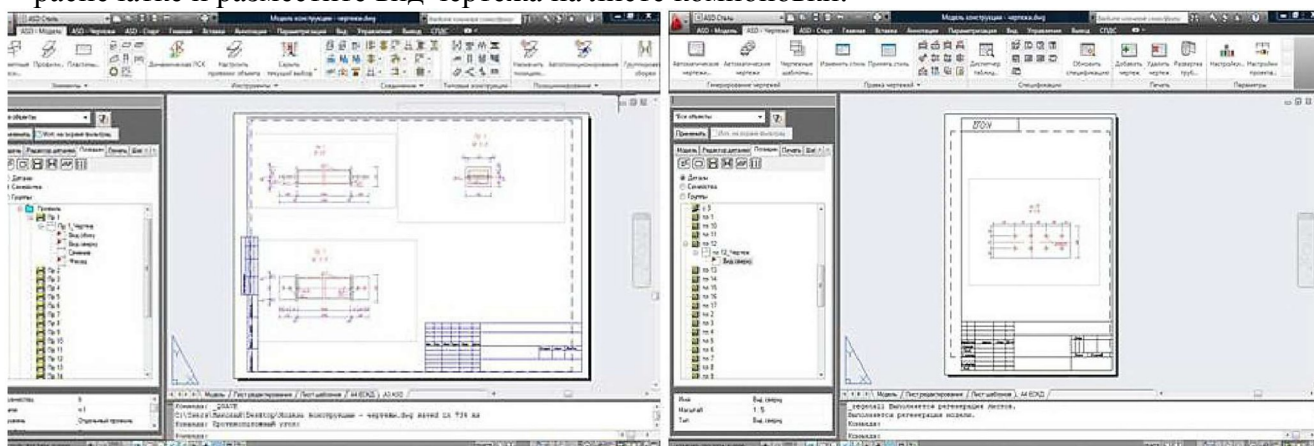
Для этого указывается начальная и конечная точки разреза и задается его имя, например



Щелкните правой кнопкой мыши в области закладок в нижней части окна рисования и выберите опцию *По шаблону*.

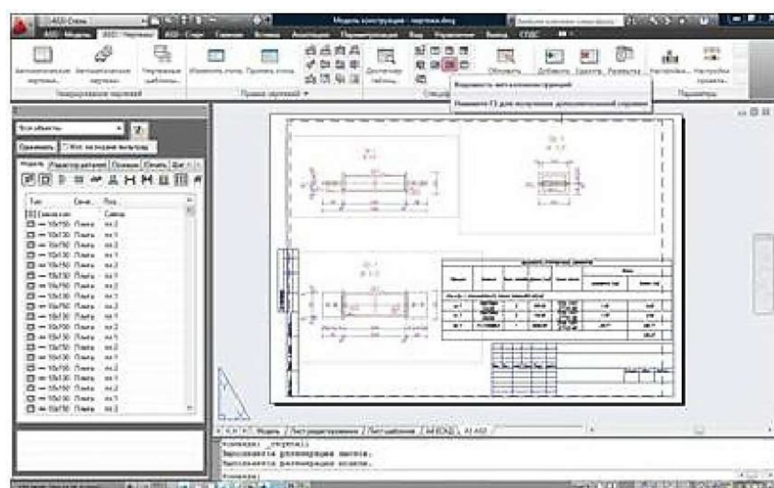
Из предложенного списка шаблонов выберите подходящий шаблон, например A4 ESKD ASD 070. Откройте его и создайте компоновку A4 ЕСКД (имя можно изменить). К существующим закладкам добавится новая.

Перейдите на эту закладку. Затем на закладке Инспектора объектов *Позиция* выберите вид чертежа отдельной детали. Из контекстного меню выберите *Добавить к текущей распечатке и разместите вид чертежа на листе компоновки*.



Перейдите в раздел меню *Таблицы*, щелкните на кнопке *Ведомость металлоконструкций*.

На запрос командной строки *Набор таблиц* выберите *Все* и разместите спецификацию на листе компоновки.

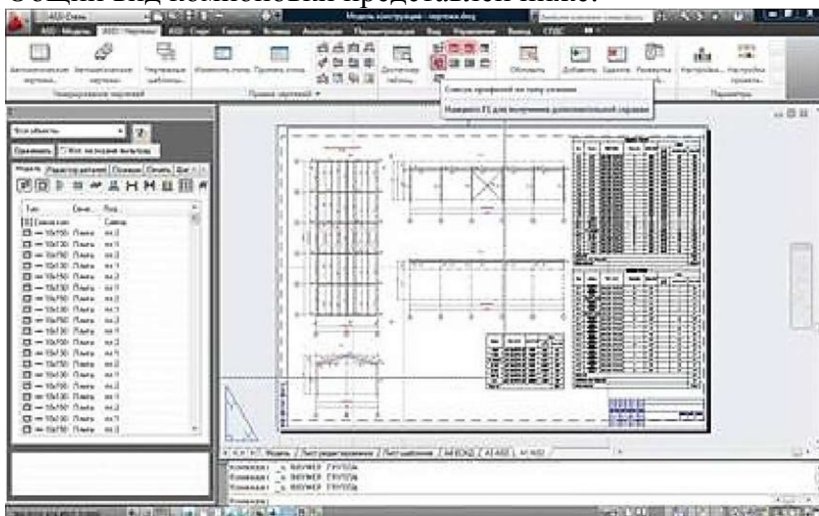


Перейдите в раздел меню Таблицы, щелкните на кнопке Список профилей.

На запрос командной строки Набор таблиц выберите Все и разместите спецификацию на листе компоновки.

Аналогично вставьте таблицы Список пластин и Список профилей по типу сечения.

Общий вид компоновки представлен ниже:



## 6. Заключение

В результате выполнения тест-драйва в программе Autodesk Robot Structural Analysis:

- создана модель каркасного стального сооружения;
- выполнен статический расчет конструкции;
- проверены и подобраны сечения элементов. В программе AutoCAD Structural Detailing:
- произведен импорт модели из Autodesk Robot Structural Analysis;
- подготовлена детальная пространственная модель сооружения;
- сгенерированы чертежи отдельной детали, узла и схемы расположения элементов;
- подготовлены компоновочные листы для печати.

### Рекомендуемая литература

1. В.В. Сухоруков. Autodesk Robot Structural Analysis Professional. Проектно-вычислительный комплекс: Справочно-учебное пособие. - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2009. - 128 с.
2. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов.— Пер. с англ.— М.: Мир, 1979.— 392 с.
3. С.И.Букреев Б.Х.Каждан. Примеры и упражнения по расчёту строительных конструкций 1961
4. Дарков А.В., Шапошников Н.Н. Строительная механика. Учебник для вузов. М.: Высшая школа, 1986г. -607с.
5. Галлагер Р. Метод конечных элементов. Основы: Пер. с англ. — М.: Мир, 1984
6. Деклу Ж. Метод конечных элементов: Пер. с франц. — М.: Мир, 1976
7. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике — М.: Мир, 1975.
8. Зенкевич О., Морган К. Конечные элементы и аппроксимация: Пер. с англ. — М.: Мир, 1986









